This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

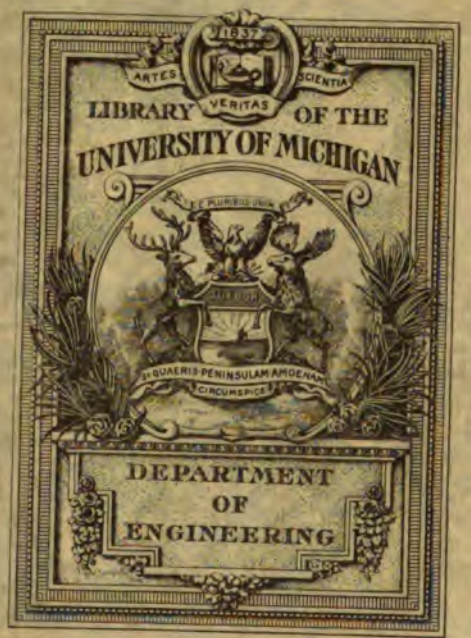
Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

ENGIN. LIB.
TJ
825
S84
STORAGE
Qla1
B 467185

O. Stertz

Windkraft oder Kleinmotoren?

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

ENGINEERING
LIBRARY
TJ
825
.S84

WINDKRAFT ODER KLEINMOTOREN?

Digitized by Google

Digitized by Google

WINDKRAFT

ODER

KLEINMOTOREN?

DIE WINDKRAFTANLAGEN, IHRE VERBREITUNG, ANWENDUNG UND RENTABILITÄT UNTER HAUPTSÄCHLICHSTER BERÜCKSICHTIGUNG DER WASSERVERSORGUNGSANLAGEN KLEINERER STÄDTE UND GEMEINDEN, DES MASCHINENBETRIEBES IN DER LANDWIRTSCHAFT UND DER ELEKTRIZITÄTS-ERZEUGUNG

FÜR DIE BEDURFNISSE DER PRAXIS DARGESTELLT

VON

OTTO STERTZ

INGENIEUR IN DRESDEN

MIT VIERUNDVIERZIG TEXTABBILDUNGEN

LEIPZIG

VERLAG VON BERNH. FRIEDR. VOIGT

1908

Digitized by Google

ALLE RECHTE VORBEHALTEN

Digitized by Google

VORWORT

Die Veranlassung zur Bearbeitung vorliegender kleinen Schrift, welche ausschließlich den Bedürfnissen der Praxis angepaßt ist, haben mir recht häufige Anfragen und Abhandlungen über Windkraftanlagen gegeben, aus denen in vielen Fällen zu ersehen war, daß man die nutzbare Kraft des Windes teilweise sehr überschätzt, aber auch anderseits die Ausnutzung der kostenlosen Kraft des Windes für viele Arbeiten der Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft viel zu wenig würdigt.

Ich habe mit Absicht mathematische Behandlungen und auch Besprechungen der einzelnen Systeme von Windkraftmaschinen, mit Rücksicht auf die Bestimmung der Broschüre, vermieden und habe mir vorbehalten, in einem besonderen Werke **„Die Windmotoren“**, welches im Herbst d. J. ebenfalls im Verlage von Bernh. Friedr. Voigt in Leipzig erscheint, alle Windkraftmaschinen und deren Entwickelung von der alten Windmühle bis zum vollendeten modernen Windmotor eingehend zu behandeln.

Mit vorliegendem Werkchen beabsichtige ich, weiten Kreisen über den Wert der Windkraft und deren Anwendungsgebiete Aufklärung zu geben und Interessenten, die vor der Anschaffung einer Betriebskraft stehen, nutzbare Mitteilungen zu machen.

Von dem Wunsche erfüllt, daß meine Schrift bei allen Interessenten eine wohlwollende Aufnahme finden und vielen ein nützlicher Ratgeber sein möge, übergebe ich diese Arbeit der Öffentlichkeit.

Dresden, im April 1908

Otto Stertz

Digitized by Google

203667

Digitized by Google

INHALTS-VERZEICHNIS

Seite

Vorwort III
Einführung 1

ERSTES KAPITEL

Die Windmühlen, ihre Entwickelung und Anwendung. Die neueren Windmotoren 4
Wo kann der Windmotor mit Erfolg Verwendung finden? 5
Die Entstehung des Windes, seine Häufigkeit und Stärke 6
Die Kraft des Windes 8
Die Geschwindigkeit des Windes und Apparate zur Messung desselben . . . 8
Die Beaufortskala zur schätzungsweisen Bestimmung der Windgeschwindigkeit . 9
Die Häufigkeit des Windes nach seiner Stärke 9
Vorteilhafte Aufstellung der Windmotoren 10
Wie hoch soll der Windmotor stehen? 10
Die Höhe der Turmgerüste 10

ZWEITES KAPITEL

Pumpwerke, Wasserversorgungsanlagen, Reservoire, Fernpumpwerke, Wassertürme, Rentabilitätsberechnungen 11
Die Pumpanlagen — Wie groß muß der Windmotor sein? 11
Tabelle über Rohrleitungswiderstände 15
Große Höhenunterschiede zwischen Pumpe und Windmotor 16
Wasserreservoire zur Ausgleichung der Schwankungen in der Wasserförderung und im Wasserverbrauch 18
Wassertürme nach Professor Intze-Aachen 20
Wasserwerksanlagen für kleinere Städte und Gemeinden 22
Die Rentabilität der Wasserversorgungsanlagen für Gemeinden 22

Digitized by Google

DRITTES KAPITEL

Biologische Abwasserreinigungsanlagen 24
Das Füllverfahren 24
Das Tropfverfahren 24

VIERTES KAPITEL

Betriebskosten-Berechnungen verschiedener Betriebsarten 28
Vergleichende Betriebskostentabelle 31
Kostenberechnung einer Windmotorenanlage 32

FÜNFTES KAPITEL

Der Kraftbetrieb in der Landwirtschaft 33
Der Betrieb von Separatoren und Butterfässern durch Windkraft 34
Acker- und Wiesenverbesserungen (Meliorationen) mittels der Windmotoren . . 37
Schöpfpumpen — Wasserschnecken 38

SECHSTES KAPITEL

Wind-Elektrizitätswerke 39
Wind-Elektrizität nach Ingenieur Gustav Conz-Hamburg — nach Ingenieur Max Gehre 41
Nach Professor Paul la Cour 43
Wasser-, Kraft- und Lichterzeugung auf einem Gute mittels Windmotors . . . 47
Kostenberechnung der vorstehenden Anlage 48
Betriebskostenberechnung derselben Anlage 50
Stahlwindmotoren 51

ANHANG

Tabelle I. Wasserbedarf für private, öffentliche und gewerbliche Zwecke . . 52
Tabelle II. Leistungen der Reinsch-Patent-Stahl-Windmotoren bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten 53
Mahlmühlen 54

Digitized by Google

EINFÜHRUNG.

Alle kleineren Betriebe der Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft, welche den Kampf mit den Großbetrieben aufzunehmen haben, sind gezwungen, unermüdlich an ihrer Vervollkommnung zu arbeiten, damit sie im Konkurrenzkampfe nicht unterliegen. Die Vorteile der Großbetriebe gegenüber den kleineren liegen zum Teil darin, daß erstere mit ihren modernen technischen Einrichtungen, welche die Arbeit in jeder Weise erleichtern und vereinfachen, die besten Arbeiter anziehen und durch praktische Einrichtungen dem fleißigen und geschickten Arbeiter einen guten Verdienst ermöglichen. Der Kleinbetrieb ohne moderne technische Hilfsmittel kann bei gleichen Preisen der Erzeugnisse mit denen der Großbetriebe keinen nennenswerten Gewinn erzielen. Die Technik in der Erkenntnis der Tatsachen hat schon lange an die Vervollkommnung der Kleinbetriebe gedacht, und es sind in den letzten Jahrzehnten Kraft- und Arbeitsmaschinen in unzähligen Mengen und mannigfaltigsten Ausführungen auf den Markt gekommen. Viele der Kleinbetriebe sind schon seit Jahren mustergültig eingerichtet und haben sich dank dieser Einrichtung in kurzer Zeit bedeutend entwickeln können. Ein großer Teil, welcher sich nicht zur Modernisierung entschließen konnte, mußte unterliegen, und heute bei dem fühlbaren Mangel an guten Arbeitern in allen Branchen ist das Verlangen nach Ersatz der menschlichen Arbeitskräfte durch Maschinen noch weit größer geworden.

Für alle nur erdenklichen Zwecke werden heute geeignete Maschinen gebaut und alle, von den einfachsten Maschinen des Haushaltes bis zu den kompliziertesten Einrichtungen großer Werke, dienen dem gleichen Zweck, nämlich: „Zeitersparnis und Ersatz der immer kostspieliger werdenden Handarbeit".

Aber nicht nur die Erleichterung der Handarbeit durch mechanische Einrichtungen genügt, man sucht so viel wie möglich Menschenkräfte vollständig auszuschalten und sie durch geeignete Kraftquellen zu ersetzen.

Wasserräder, Turbinen, Dampfmaschinen, Gas-, Benzin-, Spiritus-, Sauggas- und Windmotoren, sowie Elektromotoren in Tausenden von Pferdekräften unterstützen heute Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft. — Obwohl man in früheren Jahren glaubte, daß durch die Maschinenarbeit Tausende von Arbeitern brotlos werden müßten, hat es sich gerade im Gegenteil gezeigt, daß durch die Einführung der Maschinen neue Arbeitsfelder erschlossen und dadurch unzähligen Arbeitern dauernde gut bezahlte Arbeit geboten wird.

Dampfmaschinen.

Seit Erfindung der Dampfmaschine durch James Watt im Jahre 1768 bis zur Jetztzeit hat die Technik in unaufhaltbarem Siegeszuge Maschinen und Apparate geschaffen, die alle Schätze der Natur den Menschen dienstbar machen.

Die große Verwendung der Dampfmaschine als Kraftquelle zum Betriebe von Arbeitsmaschinen usw., als Verkehrsmittel bei der Eisenbahn und zur Unterhaltung des internationalen Verkehrs auf dem ganzen Erdball durch die Dampfschiffahrt war

Digitized by Google

nur dadurch möglich, daß der zur Erzeugung des Dampfes nötige Brennstoff, die Kohle, fast in allen Ländern mit verhältnismäßig geringen Kosten der Erde entnommen werden konnte.

Der mit jedem Jahre steigende Bedarf an Kohle und die immer höher werdenden Arbeitslöhne hatten aber auch eine allmähliche Preissteigerung zur Folge, so daß man aus ökonomischen Gründen gezwungen war, Maschinen zu bauen, welche eine höhere Ausnutzung der Brennstoffe ermöglichen.

Der Nutzeffekt steigt nun mit der Größe der Dampfmaschinen, so daß sich der Betrieb mit kleineren Maschinen am unvorteilhaftesten gestaltet.

Benzin-, Spiritus-, Gas- usw. Motoren.

Für viele Kleinbetriebe, die auch oft nur zeitweise eine Betriebskraft nötig haben, ist die Dampfmaschine deshalb nicht geeignet; hier haben vorwiegend Kleinmotoren, welche die Wärme von Gas und flüssigen Brennstoffen, als Benzin, Petroleum, Spiritus usw., in Kraft umsetzen, eine sehr große Anwendung gefunden.

Der Vorteil dieser Maschinen gegenüber den Dampfmaschinen liegt darin, daß sie stets betriebsbereit sind und neben geringer Wartung mit Brennstoffen arbeiten, die ein weit geringeres Volumen und Gewicht haben als Kohle, so daß die Transportkosten für letztere gegenüber den Kohlen weit niedriger sind.

Auch die technische Vollkommenheit aller sogenannten Explosionsmaschinen ist heute eine ganz hervorragende, die zum großen Teil durch die Verwendung dieser Motoren als Transportmittel im Automobil erreicht wurde. Aber auch diese Maschinen bieten nicht überall die gleichen Vorteile; sie sind zweifellos dort am Platze, wo unbedingt zu einer bestimmten Zeit, aber kurzen Arbeitsperiode eine Kraftquelle zur Verfügung stehen muß. — Im Anschluß an eine Gaszentrale in Städten sind die Gasmotoren für das Kleingewerbe und auch als kleinere elektrische Zentralen noch heute die billigsten Betriebsmaschinen.

Elektromotoren.

An Einfachheit im Betriebe werden sie aber von den Elektromotoren weit übertroffen. Es ist nichts einfacher als der Anschluß eines Elektromotors an eine elektrische Zentrale. Der Vorzug, den Elektromotor jede Minute nur durch Umlegen eines Hebels in Gang und außer Betrieb zu setzen, ist so groß, daß man die verhältnismäßig höheren Betriebskosten oft ganz außer acht läßt. Besonders durch den Einzel- und Gruppenantrieb von Maschinen kann in vielen Fällen - selbst bei hohen Preisen der elektrischen Energie — sehr ökonomisch gearbeitet werden, da bei derartigen Anordnungen eine fast vollständige Ausnutzung der von den einzelnen Motoren entwickelten Kraft möglich ist.

Die Anwendung von Elektromotoren ist aber auch nur in einem bestimmten Umfange möglich, da mit der Erweiterung des Leitungsnetzes ein steigender Verlust an Energie eintritt und mit den sehr großen Anlagekosten bei langen Kraftleitungen die Einheitspreise der nutzbaren Kräfte steigen.

Wassermotoren.

Der Gedanke der Umsetzung großer Wasserkräfte in elektrische Energie und Verbreitung derselben bis in die entlegensten Winkel der Erde liegt aus vorstehenden Gründen noch sehr weit von der Ausführung entfernt. Trotzdem ist die Ausnutzung der Wasserkräfte heute schon eine ganz gewaltige. Neben den unzähligen kleinen Wassermühlen, von denen man fast an jedem kleinen Bach einigen begegnet, sind in

Digitized by Google

den letzten Jahrzehnten große Zentralen entstanden, welche die Kraft des Wassers großer Flußläufe nutzbar machen. Schon im Jahre 1890 wurden die Anlagen der Aluminium-Industrie A.-G. in Schaffhausen in Betrieb gesetzt. Die Gesellschaft, welche nach dem Héroult-Verfahren durch Einwirkung der Elektrizität auf Tonerde Aluminium herstellt, beabsichtigte dem Rheinfall bei Neuhausen 15000 Pferdekräfte

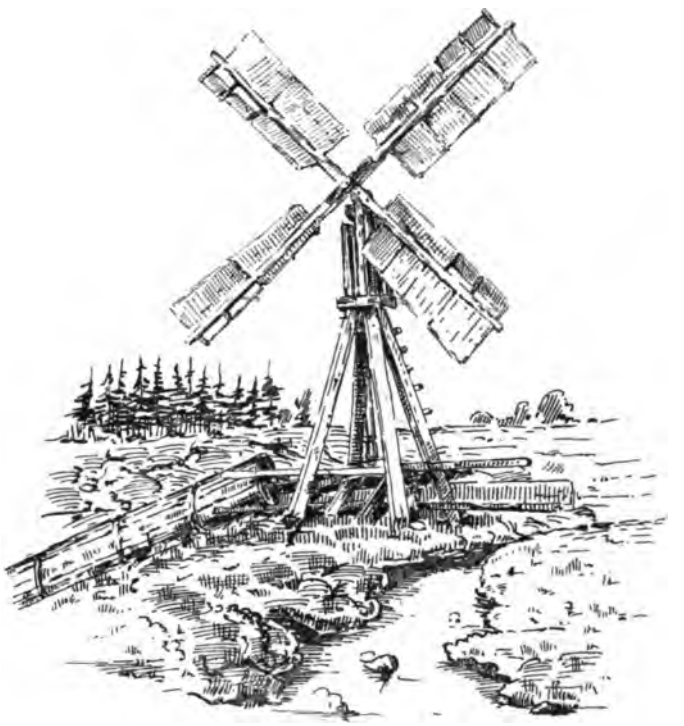


Fig. 1. Windmühle mit Schrägeinstellung der Flügel zum Betriebe einer Wasserschnecke.

teils für den eigenen Bedarf, teils für Licht und Kraftabgabe zu entnehmen. Tatsächlich wurden bereits 1890 bei Inbetriebsetzung des Werkes 3000 Pferdekräfte in elektrische Energie umgesetzt, zu welcher sekundlich nur 20 cbm Wasser des Rheinfalls nötig sind.

Trotzdem bleibt die Nutzbarmachung dieser immensen Kräfte immer auf einen kleinen Aktionsradius beschränkt, so daß unzählige Betriebe in größerer Entfernung keinen Nutzen davon haben.

Neben vorerwähnten Elementarkräften bietet die Natur überall auf der Erde noch eine Kraft, deren Nutzbarmachung den Menschen schon seit über 1000 Jahren bekannt ist, die aber trotzdem verhältnismäßig wenig Anwendung gefunden hat; es ist dies die Kraft des Windes.

Digitized by Google

Erstes Kapitel.

Die Windmühlen und Windmotoren.

Die ersten Maschinen zur Nutzbarmachung des Windes — die Windmühlen — sollen von den Persern gebaut worden sein, welche bereits zur Zeit des Kalifen Omar 634—644 in den wasserarmen Länderstrecken Asiens den Bau der Windmühlen kannten.

In Europa wurden die Windmühlen zur Zeit der Kreuzzüge zuerst in Frankreich eingeführt; von dort gelangten sie 1140 nach England, und erst 1393 wurde die erste Windmühle in Deutschland, und zwar in Speier erbaut.

Fig. 2. Holländische Mahlmühle mit zur Wohnung erweitertem Unterbau.

Holland, das Land der Windmühlen, hat erst zu Anfang des 17. Jahrhunderts den Bau der „Holländischen Windmühlen" aufgenommen, nachdem ein flandrischer Künstler das mit den Flügeln drehbare Dach erfunden hatte, welches den Unterschied zwischen der holländischen und der deutschen Bockwindmühle, bei der das ganze Haus mit gedreht werden muß, darstellt.

Die alten Windmühlen in ihrer schwerfälligen Bauart, welche sich in vielen Gegenden bis heute ohne wesentliche Verbesserungen erhalten haben, dienten hauptsächlich zum Betriebe von Mahlgängen und vereinzelt in wasserreichen Gegenden für Entwässerungszwecke. Die Windmühlen wurden von Mühlenbauern errichtet, welche das dazu nötige Holz an Ort und Stelle bearbeiteten und nach alten Überlieferungen und praktischen Erfahrungen Flügelsystem und Räderwerk zusammenfügten. Einen Anspruch auf technische Vollkommenheit — im Sinne unserer heutigen Technik — konnten sie deshalb durchaus nicht machen.

Die Anwendung der Windmühle als Betriebskraft blieb deshalb auch lange Zeit fast nur auf die Mehlbereitung und vereinzelt zur Wasserförderung beschränkt.

Digitized by Google

Die Windmotoren.

Erst vor etwa 50 Jahren wurden in Amerika und Deutschland Versuche mit sogenannten Windmotoren gemacht, welche Selbstregulierung nach Windrichtung und Windstärke hatten.

Die gute Aufnahme, welche die zwar immer noch wenig vollkommenen Windmotoren fanden, und das Verlangen nach einer kostenlosen Betriebskraft war für einige Firmen der Ansporn zur weiteren Entwickelung der Windmühle als Kraftmaschine.

Es konnte dabei nicht ausbleiben, daß auch von Unberufenen die scheinbar so einfachen Maschinen hergestellt wurden, die aber leider nicht immer den Erwartungen entsprachen. Recht häufige Mißerfolge führten dazu, daß man dem neueren Windmotor als Betriebsmaschine recht wenig Vertrauen entgegenbrachte.

Fig. 3. Holländische Windmühle zum Betriebe eines Sägewerkes.

Das vorsichtige und reelle Vorgehen einiger deutscher Firmen, welche sich speziell dem Bau moderner Windmotoren gewidmet haben, ist die Veranlassung, daß der Windmotor als Kraftmaschine immer mehr Boden gewinnt.

Die kostenlose Nutzbarmachung der Kraft des Windes, besonders bei den immer noch steigenden Löhnen, Material- und Kohlenpreisen, ist so verlockend, daß fast jeder, der irgend einen Betrieb zu unterhalten hat, den Windmotor als Betriebskraft in Erwägung zieht, wobei aber meist die effektive Kraftleistung der Windmotoren bedeutend überschätzt wird.

Wo kann der Windmotor mit Erfolg Verwendung finden?

Es ist eine ganz falsche Ansicht, wenn man glaubt, daß der Windmotor eine der angeführten Betriebsarten als Dampf-, Benzin-, Spiritusmotor usw. verdrängen kann. Der Windmotor kann immer nur in einzelnen Fällen mit einer dieser Betriebsarten in friedlichen Wettstreit treten, wenn nicht allzu große Kraftleistungen erforderlich sind und wenn die Kraftabgabe des Motors nicht unbedingt zu einer ganz bestimmten Stunde nötig ist.

Man muß bei der Projektierung derartiger Anlagen unbedingt mit der Unbeständigkeit des Windes rechnen und auf die unvermeidlichen Windstillen Rücksicht

Digitized by Google

Fig. 4. Deutsche Windmühle mit massivem Unterbau.

nehmen. Es ist deshalb gänzlich ausgeschlossen, daß irgend ein Fabrikbetrieb, der eine permanente Betriebskraft nötig hat, einen Windmotor als direkte Kraftquelle aufstellen kann.

Die Entstehung des Windes, seine Häufigkeit und Stärke.

Wind ist Bewegung der Luft und wird hervorgerufen durch ungleiche Erwärmung derselben. Da die Luft sich wie jeder andere Körper durch Wärme ausdehnt und leichter wird, so steigt am Äquator die am stärksten erwärmte Luft fortwährend in die Höhe, und zum Ausgleich des Luftdrucks dringen dafür von den Polen kältere Luftströme nach den heißen Gegenden. Indessen strömt die aufgestiegene Luft in den höheren Schichten wieder seitwärts nach den Polen hin und senkt sich mit der fortschreitenden Abkühlung und Verdichtung wieder bis zur Erdoberfläche, wo sie in der gemäßigten Zone mit den von den Polen kommenden Luftströmen zusammentrifft und im Kampfe mit diesen den Polen zustrebt. Diesen fortwährenden Kreislauf der Luft bezeichnen wir mit Wind.

Nun müßten eigentlich die Winde alle direkt von den Polen nach dem Äquator, also von Nord nach Süd und umgekehrt, wehen, sie werden jedoch durch die von Westen nach Osten gehende Achsendrehung der Erde abgelenkt.

Am Äquator hat die Erde eine Umfangs- (Umdrehungs-) Geschwindigkeit von über 40000 km täglich, in den mittleren Breiten etwa die Hälfte und immer weniger nach den Polen zu. Die Luft als Bestandteil der Erde dreht sich mit und, sobald ein Luftstrom von den Polen, wo der Drehungsumfang und damit die Geschwindigkeit geringer ist, nach dem Äquator seine Richtung nimmt, behält dieser Luftstrom, dem Beharrungsgesetz zufolge, seine ihm innewohnende geringe Drehungsgeschwindigkeit noch einige Zeitlang bei und wird daher in den Breiten der schnellen Drehung zurückbleiben, die Gegend des Äquators also erst an einem weiter westlich gelegenen Punkte erreichen. Die aus der Gegend des Äquators mit großer Umdrehungsgeschwindigkeit kommenden Winde werden dagegen in den mittleren Breiten voreilen und eine

Digitized by Google

mehr östliche Richtung nehmen, also aus Südwesten kommen. Es geht hieraus hervor, daß regelmäßige Hauptwinde (Passate) in der Richtung Nordost und Südost von den Polen nach dem Äquator ziehen und umgekehrt.

Auf der nordöstlichen Halbkugel bringt der vom Pole kommende Nordostwind schwere, kalte und trockene Luft, die auch während seiner weiteren Drehung nach Osten anhält. Beim Zusammentreffen mit dem von Süden kommenden Luftstrome entsteht eine südöstliche Richtung, die meist feuchtes Wetter bringt. Allmählich dreht sich der Wind immer mehr nach Süden, bis endlich der vom Äquator kommende Südwest- und Westwind mit warmem, leichtem und nassem Wetter die Oberhand behält. Ist der vom Nordpol kommende Strom wieder stärker, so drückt er die Richtung nach Süden, es entsteht Nordwestwind, der erstarkend in Nordwind übergeht und durch Erddrehung wieder zum Nordost usw. wird. So wiederholt sich die Drehung des Windes und immer in derselben Reihenfolge. —

Fig. 5. Deutsche Windmühle ganz von Holz, auf dem unteren Bock drehbar.

In Deutschland ist die Windrichtung eine vorherrschend westliche. Im Frühjahr und Sommer dreht der Wind mehr nördlich, im Herbste wieder mehr südlich.

Die Zahl der jährlichen Windtage, nach der Richtung geordnet, ist in Deutschland annähernd:

SW	W	NW	N	NO	O	SO	S
67	72	48	30	35	43	32	35

Außer den vorerwähnten Hauptwinden kommen noch lokale Winde vor. An der Küste (auch größerer Binnenseen) weht der Wind meist am Tage von der See und des Nachts vom Lande; ebenso im Gebirge am Tage im Tal entlang aufwärts, nachts abwärts, je nach der ungleichen Erwärmung und Abkühlung am Wasser, Land

Digitized by Google

und Gebirge. Wir sehen daher auch, daß sich früh und abends beim Wechsel der Temperatur ein mehr oder weniger starker Luftzug erhebt, der im Verhältnis der Schwankung steht.

Luftbewegung (Wind) ist hiernach stets vorhanden, so daß es eine absolute Windstille, außer zeitweise direkt am Äquator, überhaupt nicht gibt. Es fragt sich nur noch, wie oft eine Luftbewegung mindestens in der Stärke vorhanden ist, welche genügt, einen Windmotor in nutzbare Tätigkeit zu setzen.

Fig. 6. Mühlenbetrieb mit einem Windmotor von 14 m Raddurchmesser.

Die Statistik des Kaiserl. Meteorol. Instituts zu Berlin weist nun seit vielen Jahren nach, daß ein für technisch vollkommene und leichtgehende Windmotoren nutzbarer Wind durchschnittlich an 260 bis 300 Tagen im Jahre vorhanden ist.

Die Kraft des Windes entwickelt sich aus der Schnelligkeit, mit der sich die Luft über die Erdoberfläche bewegt und auf einen in ihrem Wege stehenden Körper stößt. Der hierdurch entstehende Druck ist die Kraft, welche mit der Geschwindigkeit im Quadrat ($N = v^2 \cdot 0{,}12248$ kg pr. qm) wächst, dagegen wächst die lebendige Kraft des Windes, ausgeübt auf die sich drehende Flügelfläche, dem Gesetze der Beschleunigung gemäß, in der dritten Potenz ($N = F \cdot v^3$).

Die Geschwindigkeit des Windes ist also die Ursache seiner Kraft und, um letztere bestimmen zu können, muß man die erstere messen. Man bedient sich dazu des Anemometers, eines Apparates, welcher ein mit der Geschwindigkeit des Windes sich drehendes kleines Rad trägt und mit einem Registrierwerk anzeigt, wieviel Meter Weg der Wind in einer Sekunde zurücklegt. Man bezeichnet daher die Windgeschwindigkeit mit Sekundenmetern.

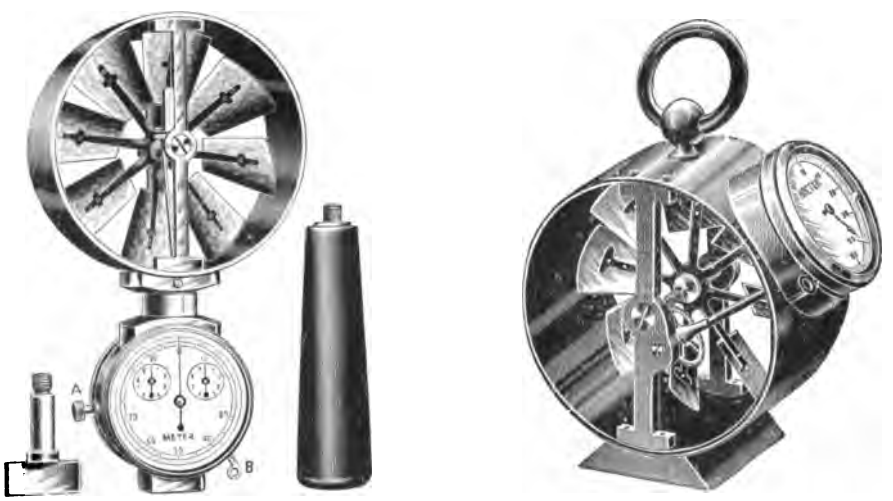


Fig. 7 und 8. Anemometer von Rosenmüller, Dresden.

Für die schätzungweise Bestimmung des Windes dient nachstehende „Beaufort-Skala“, welche die verschiedenen Windgeschwindigkeiten in Sekundenmetern, sowie die dafür üblichen Bezeichnungen angibt.

Digitized by Google

Beaufort-Skala

zur schätzungsweisen Bestimmung der Windstärken.

Windskala nach Beaufort	Windgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde	Windgeschwindigkeit in engl. Meilen pro Stunde etwa	Bezeichnung der Stärke	Wirkung	Winddruck in kg pro qm $V^2 \cdot 0{,}12248$	Vergleich der Schnelligkeit
0	0 - 1	2	still	Kaum merkbar	—	Fußgänger
—	2	4,5	sehr schwach	Blätter flattern	0,49	
1	3	6,7	schwach		1,10	Reiter im Trab
	4	9	„	Zweige biegen	1,96	Radfahrer
—	5	11	mittel		3,06	Reiter im Galopp
2	6	13,4	lebhaft	Äste biegen	4,40	Straßenbahn
—	7	15,6	kräftig		6,00	Rennpferd
3	8	17,8	„	Bäume schwanken	7,84	Güterzug
4	10	22	stark		12,25	Automobil
5	13	29	sehr stark	Laub reißt ab	20,70	—
6	15	33,5	Sturmwind	Zweige brechen	27,50	Personenzug
7	18	40	„		40	Schnellzug
8	21	47	Sturm	Äste splittern	54	
9	25	56	„	„	76	Blitzzug
10	29	65	starker Sturm	Bäume brechen	103	
11	34	76	Orkan	Häuser stürzen	141	Brieftaube
12	40	90	„	Verheerend	196	—

Die Häufigkeit des Windes nach seiner Stärke ist ebenfalls seit langen Jahren statistisch festgestellt, und es ergibt sich daraus, daß ein Wind von mindestens

3—4 skm. ca. 250—300 Tage
5 „ „ 170—180 „
6 „ „ 110—120 „
7 „ „ 60— 70 „

im Binnenlande und durchschnittlich 6—10 Stunden täglich, je nach Lage, vorhanden ist.

An den Küsten, auf Höhen und in ganz besonders windreichen Gegenden kann man mit etwas mehr Tagen für stärkeren Wind rechnen, und es kann ein Wind von 5—6 skm. dort wohl als normal angenommen werden.

Es wäre demnach ein großer Fehler, wenn man für die normale Leistung einer Windmotoranlage auf dem Binnenlande etwa eine Windgeschwindigkeit von 6 oder gar 7 skm. ins Auge fassen wollte.

Fig. 9. Windmotor in guter Windlage.

Digitized by Google

Wie hoch soll der Windmotor stehen?

Die Wirkung des Windes auf ein Windrad nimmt hauptsächlich mit der Geschwindigkeit zu; aber auch die Gleichmäßigkeit des Windes, d. h. einer Windströmung, die ungehindert in gerader Linie das Windrad bestreichen kann, erhöht die Gesamtwirkung desselben wesentlich.

Unebenheiten der Erde und Widerstände, Häuser, Bäume, Sträucher usw. halten die Windströmung auf, so daß es stets notwendig ist, den Windmotor durch ein entsprechendes Turmgerüst so hoch zu stellen, daß er von dem Winde in höheren Luftschichten, welcher durch Widerstände nicht abgeschwächt bzw. zerstreut ist, getroffen werden kann.

Fig. 10. Falsche Aufstellung eines Windmotors, der durch Häuser, Bäume und Berge verdeckt ist.

Die Höhe der Turmgerüste richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen und muß von Fall zu Fall so bestimmt werden, daß das Windrad mit seiner Unterkante alle in einem Umkreis von etwa 300 Metern vorhandenen obenerwähnten Hindernisse noch um 2 bis 3 Meter überragt.

Wird das Turmgerüst niedriger ausgeführt, als es nach vorerwähnten Vorschriften sein muß, so kann man auch keine befriedigende Leistung der Windmotorenanlage erwarten.

Digitized by Google

Zweites Kapitel.

Pumpwerke, Wasserversorgungs-Anlagen, Reservoire, Fernpumpwerke, Wassertürme, Rentabilitätsberechnungen.

Die Pumpanlagen.

Die größte Verwendung haben die Windmotoren bisher zur Betätigung von Pumpen jeglicher Art gefunden.

Als selbsttätige kostenlose Wasserversorgung von Wohnhäusern, Villen, Schlössern, Gütern, Rittergütern, ganzen Gemeinden und kleinen Städten, ferner für Anstalten, Krankenhäuser, Parkanlagen, Gärtnereien, Brennereien, Brauereien, Schlachthäuser, Fabriken, Kalk-, Zement- und Mörtelwerke, Ziegeleien, Badeanstalten, Entwässerung von Tongruben und Steinbrüchen, Be- und Entwässerung von Wiesen und Feldern ist der Windmotor die geeignetste Betriebskraft, da er fast ohne Bedienung seine Arbeit verrichtet und nur alle 4 bis 5 Tage einmal zu schmieren ist.

Wie groß muß der Windmotor sein?

Die Leistung dieser Motoren muß stets dem Pumpenwiderstand entsprechen. Will man die Größe der Windmotor-Pumpanlage selbst bestimmen, so ist zuerst der tägliche Wasserkonsum festzusetzen, ferner die Gesamtförderhöhe, d. h. die vertikale Differenz zwischen dem Wasserspiegel des Brunnens, der Quelle usw. und dem Punkte, an welchem das Wasser vom Druckrohr in das Reservoir fließt, zuzüglich der Gefälleverluste, welche bei längeren Leitungen den Rohrleitungswiderständen entsprechen und mit Hilfe nachstehender Tabelle zu bestimmen sind.

Da nun der Windmotor täglich durchschnittlich 6 bis 10 Stunden arbeitet, so muß die Stundenleistung im Mittel sein:

$$\frac{\text{Tagesbedarf}}{8} = \text{Leistung per Stunde.}$$

Digitized by Google

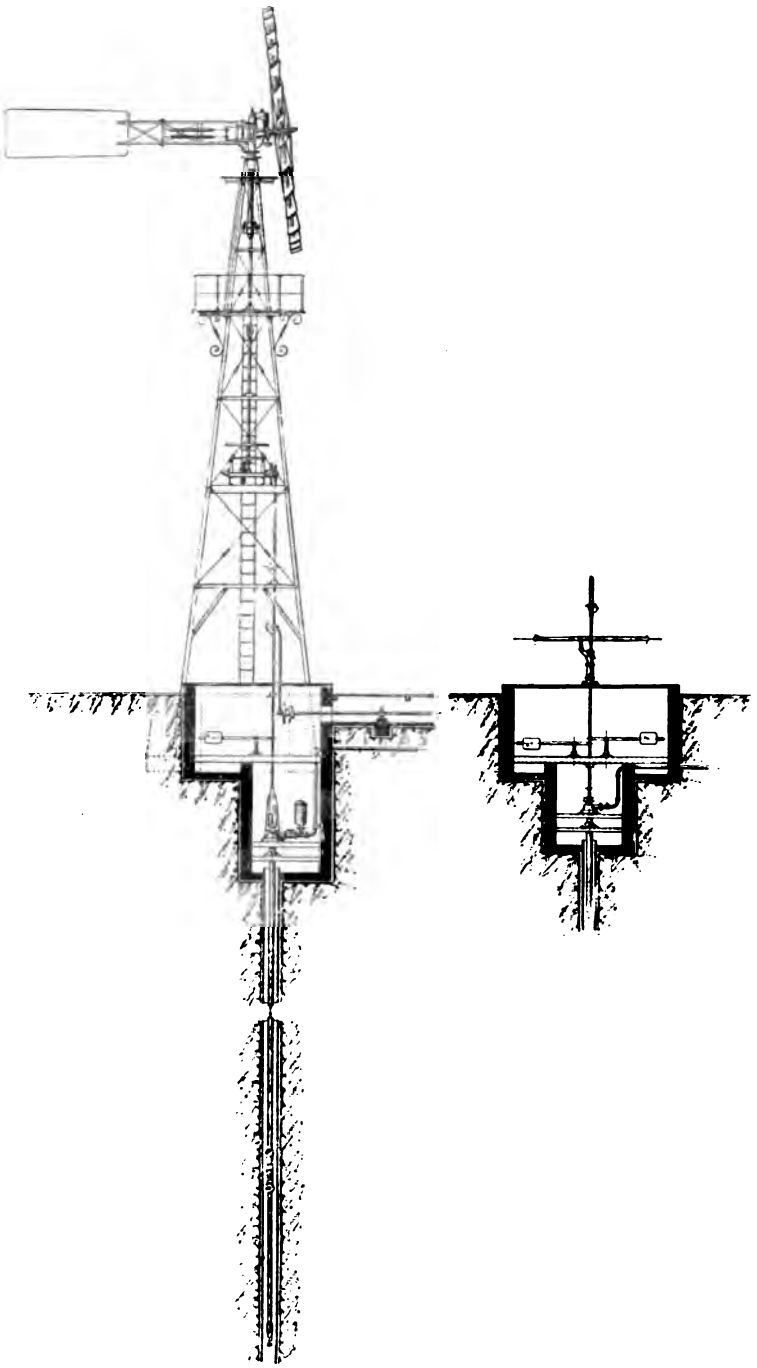


Fig. 11. Tiefbrunnen-Pumpwerk, Antrieb durch Windmotor oder bei Windstille durch Göpel; oder (Abbildung rechts) durch Handbetrieb.

Digitized by Google

Die Größe der Pumpmotoren kann bei der gegebenen Stundenleistung und Gesamtförderhöhe leicht aus nachstehender Tabelle entnommen werden. Sie ist für eine Windgeschwindigkeit von etwa 4 Metern in der Sekunde berechnet.

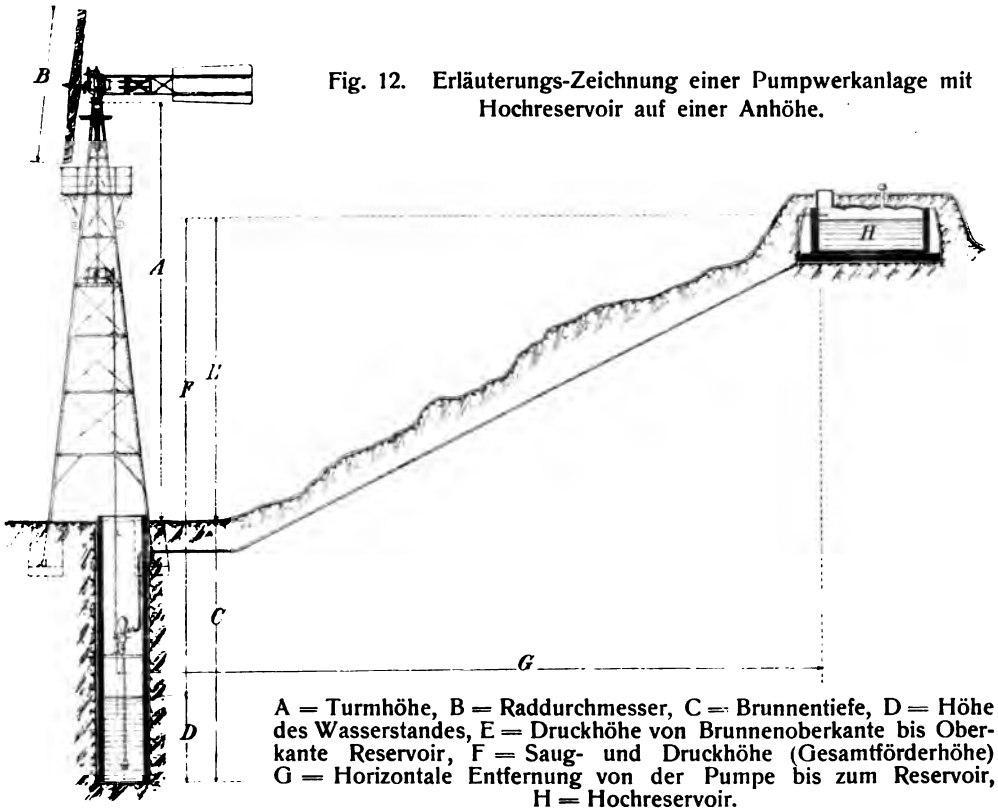


Fig. 12. Erläuterungs-Zeichnung einer Pumpwerkanlage mit Hochreservoir auf einer Anhöhe.

A = Turmhöhe, B = Raddurchmesser, C = Brunnentiefe, D = Höhe des Wasserstandes, E = Druckhöhe von Brunnenoberkante bis Oberkante Reservoir, F = Saug- und Druckhöhe (Gesamtförderhöhe) G = Horizontale Entfernung von der Pumpe bis zum Reservoir, H = Hochreservoir.

Durchm. des Windmotors in Metern	Wasserleistungen der Windmotoren in Litern pro Stunde schon bei mittlerem Wind von etwa 4 m Sekundengeschwindigkeit bei einer Gesamtförderhöhe in Metern von:								
	3	5	10	15	20	25	30	40	50
2,0	1400	1000	500	300	—	—	—	—	—
2,5	2000	1500	750	500	300	—	—	—	—
3,0	3000	2500	1200	1000	800	650	500	400	—
3,5	7500	5000	2500	1800	1500	1000	850	700	500
4,0	10000	7500	3600	2200	1800	1500	1000	900	700
4,5	15000	10000	5000	3200	2500	2000	1700	1250	1000
5,0	20000	14000	7000	5000	3500	2500	2200	1750	1200
5,5	24000	16000	8000	5500	4000	3000	2500	2000	1500
6,0	30000	20000	10000	7000	4800	3500	3000	2200	1700
6,5	36000	24000	12000	8000	6000	4000	3500	3000	2000
7,0	50000	30000	15000	10000	7500	6000	5000	3500	3000
7,5	60000	36000	17000	12000	8500	6800	6000	4500	3600
8,0	75000	45000	22500	15000	12000	9000	7500	5600	4500
8,5	90000	54000	27000	18000	12500	11000	9000	7000	5400
9,0	100000	60000	30000	20000	15000	12000	10000	8000	6000

Digitized by Google

Der Kraftverbrauch N einer Pumpe wird berechnet:

$$N = \frac{Q \cdot H \cdot 1000}{75 \cdot 60 \cdot 60 \cdot q}$$

wobei: N = PS. = Pferdekraft (75 skm kg)
Q das zu hebende Wasserquantum in cbm per Stunde
H die Gesamtförderhöhe in Meter
q den Wirkungsgrad = (0,8 ·/· 0,9) der Pumpe bedeuten.

Der mit dieser Berechnung ermittelte Kraftverbrauch muß von dem Windmotor schon bei kleinerem Winde geleistet werden, und man wird vorteilhaft stets eine größere Nummer als den für eine ausgerechnete Pumpenleistung passenden wählen, da die Windmotoren-Firmen in ihren Tabellen meist die Leistungen nennen, welche die Windmotoren an den Flügelradachsen entwickeln.

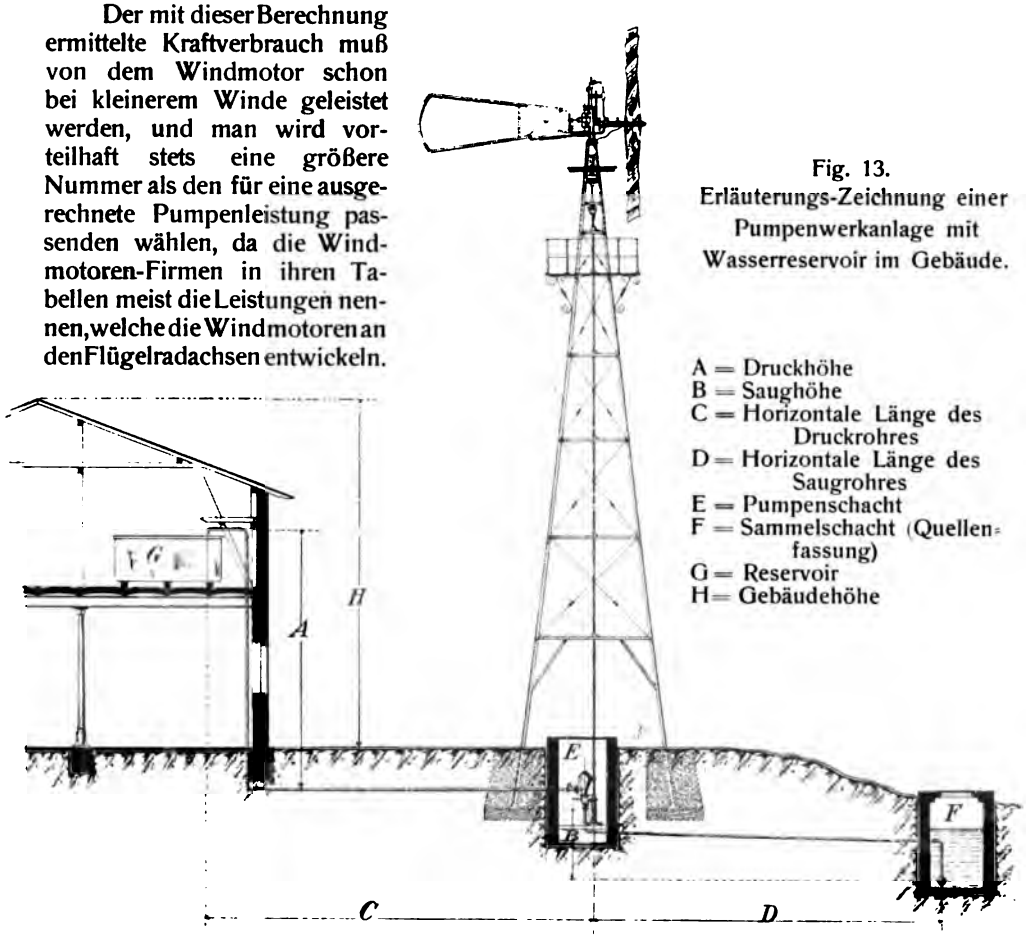


Fig. 13.
Erläuterungs-Zeichnung einer Pumpenwerkanlage mit Wasserreservoir im Gebäude.

A = Druckhöhe
B = Saughöhe
C = Horizontale Länge des Druckrohres
D = Horizontale Länge des Saugrohres
E = Pumpenschacht
F = Sammelschacht (Quellenfassung)
G = Reservoir
H = Gebäudehöhe

Die Pumpen.

Die Aufstellung der Pumpe muß möglichst dicht an der Wasserstelle geschehen. Die Pumpe darf niemals höher als 6 bis 7 Meter in vertikaler Entfernung über dem Wasserspiegel des Brunnens, Sammelbassins oder der Quelle stehen; wird die horizontale Entfernung größer als 30 Meter, so muß die vertikale Entfernung kleiner als 6 Meter bleiben. Die gute Wirkung jeder Pumpe hängt von der Beschaffenheit der Saugleitung ab, und es muß besonderer Wert darauf gelegt werden, daß diese mit größter Sorgfalt ausgeführt wird. Bei längerer Saugleitung muß diese vom Wasserspiegel bis zur Pumpe langsam ansteigen, wobei Durchbiegungen zu vermeiden und Ecken durch schlanke Rohrbogen zu umgehen sind. Um bei längeren Saugleitungen ein Ansammeln von Luft im Pumpenzylinder zu vermeiden, muß vor letzterem ein Saugwindkessel in die Saugleitung eingebaut werden. Zur annähernden Bestimmung des Rohrdurchmessers kann man bei kleineren Leistungen und bei doppeltwirkenden Pumpen $^1/_2$ des Kolbendurchmessers annehmen.

Digitized by Google

Bei größeren Anlagen ist die lichte Weite d der Saug- bzw. Druckrohre im allgemeinen:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

wobei v die Wassergeschwindigkeit pro Minute in der Rohrleitung und Q das zu hebende Wasserquantum in cbm pro Minute bezeichnen.

Für die Saugleitung sei v = 60 Meter
„ „ Druck „ „ v = 80 bis 120 Meter,

für hohen Druck noch größer.

Die in nachstehender Tabelle angeführten Druckhöhen bzw. Gefällverluste, welche durch Reibung des Wassers an den Rohrwandungen entstehen, sind bei der Berechnung der Rohrweiten größerer Rohrlängen zu berücksichtigen.

Tabelle über Rohrleitungswiderstände.

Wassermenge Q in Litern pro Stunde. Gefälleverlust h in Metern für 100 Meter Rohrlänge. V = Geschwindigkeit in Metern pro Sekunde, dz = Rohrweite in engl. Zoll, dm = Rohrweite in mm abgerundet.

V	dz— / dm—	1 / 25	1 1/4 / 32	1 1/2 / 38	2 / 51	2 1/2 / 63	3 / 76	3 1/2 / 89	4 / 102
0,4	Q —	730	1140	1640	2920	4560	6560	8940	11650
	h —	1,82	1,38	1,10	0,767	0,580	0,462	0,381	0,323
0,5	Q —	910	1425	2050	3660	5700	8200	11200	14600
	h —	2,69	2,04	1,62	1,13	0,857	0,683	0,563	0,476
0,6	Q —	1090	1710	2460	4380	6850	9850	13400	17500
	h —	3,71	2,81	2,23	1,56	1,18	0,940	0,775	0,656
0,7	Q —	1275	1995	2870	5120	7980	11500	15650	20400
	h —	4,86	3,68	2,93	2,04	1,54	1,23	1,02	0,859
0,8	Q —	1460	2280	3280	5840	9120	13100	17900	23300
	h —	6,14	4,64	3,70	2,58	1,95	1,55	1,28	1,08
0,9	Q —	—	2560	3690	6520	10250	14750	20100	26300
	h —	—	5,71	4,55	3,15	2,40	1,91	1,58	1,33
1,0	Q —	—	2850	4100	7300	11400	16400	22300	29200
	h —	—	6,86	5,47	3,82	2,88	2,30	1,89	1,60
1,1	Q —	—	—	4520	8040	12550	18050	24600	32100
	h —	—	—	6,45	4,51	3,41	2,71	2,24	1,90
1,2	Q —	—	—	—	8770	13700	19700	26800	35000
	h —	—	—	—	5,25	3,96	3,16	2,61	2,21
1,3	Q —	—	—	—	9500	14850	21300	29100	37900
	h —	—	—	—	6,03	4,56	3,63	3,00	2,54
1,4	Q —	—	—	—	—	15950	23000	31300	40900
	h —	—	—	—	—	5,19	4,14	3,41	2,89

Zur Bestimmung der Widerstandshöhe einer Rohrleitung von beliebiger Länge findet man in der Tabelle unter der stündlichen Wassermenge den Gefälleverlust

Digitized by Google

für 100 m Rohrlänge. Letzterer, mit der wirklichen Rohrlänge multipliziert und mit 100 dividiert, ergibt den Widerstand, welchen die Pumpe außer der vorhandenen wirklichen Druckhöhe überwinden muß. Z. B.: Bei einer Rohrlänge von 172 m und stündlich 7300 Liter Wasser ist der Rohrleitungswiderstand bei 2″ Rohrweite

$$\frac{3{,}82 \cdot 172}{100} = 6{,}57 \text{ m.}$$

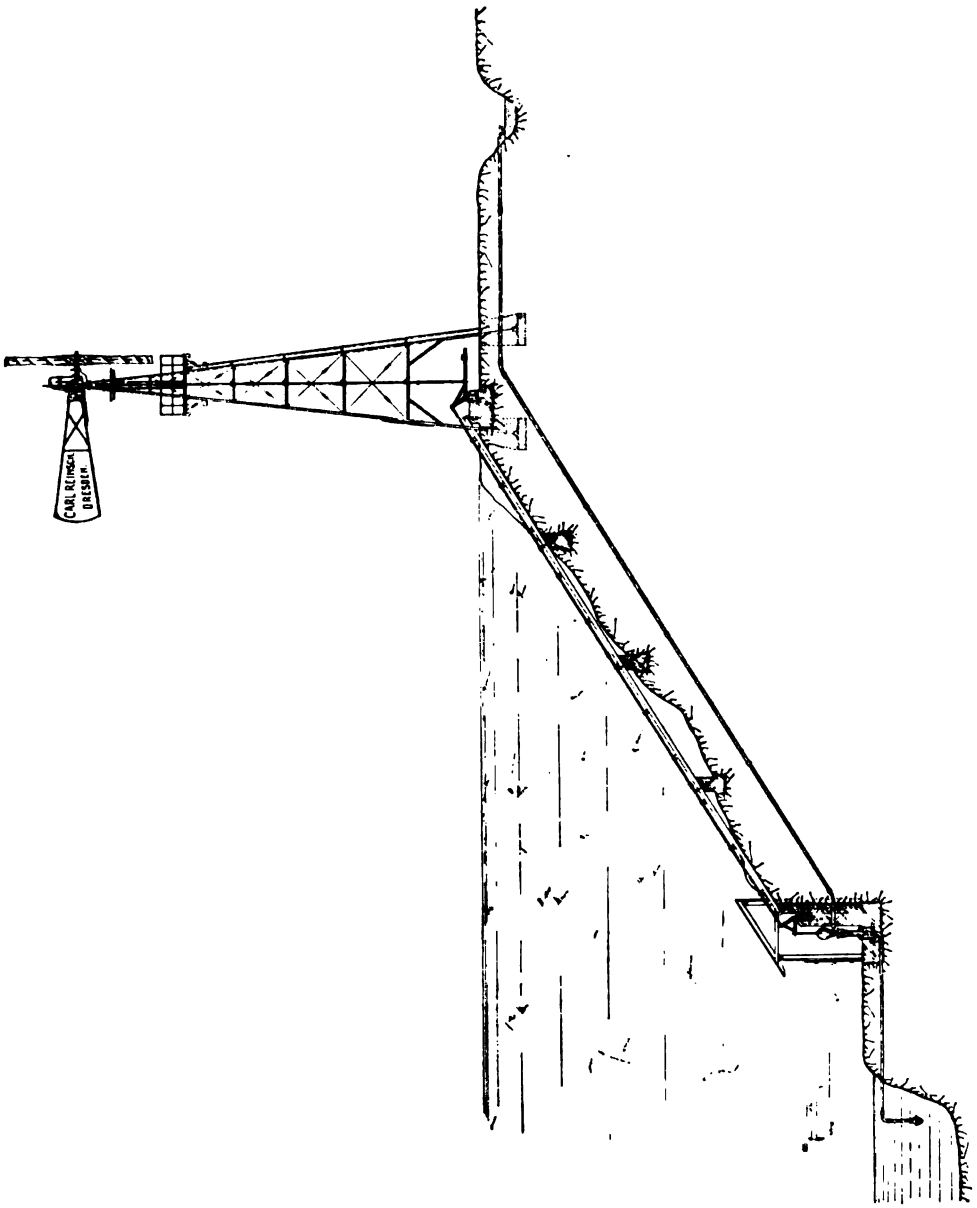


Fig. 14. Entwässerung von Lehm- oder Tongruben und Steinbrüchen. Antrieb einer tiefstehenden Pumpe mit schräggliegendem Gestänge.

Große Höhenunterschiede zwischen Pumpe und Windmotor.

Liegt der Quell, das Sammelbassin, der Fluß usw., aus welchem gepumpt werden soll, in einem Tale oder so ungünstig, daß der Windmotor nicht direkt mit der Pumpe gekuppelt werden kann, bzw. muß der Windmotor — um ihn in eine gleichmäßige

Digitized by Google

Luftschicht zu bringen — auf einem Berge oder einer Anhöhe aufgestellt werden, so kann man bei kleineren Höhendifferenzen von 30 — 40 Metern ein Winkelgestänge anordnen, welches vom Fuße des Windmotorturmes in einer Schräge von etwa 30 — 45 Grad

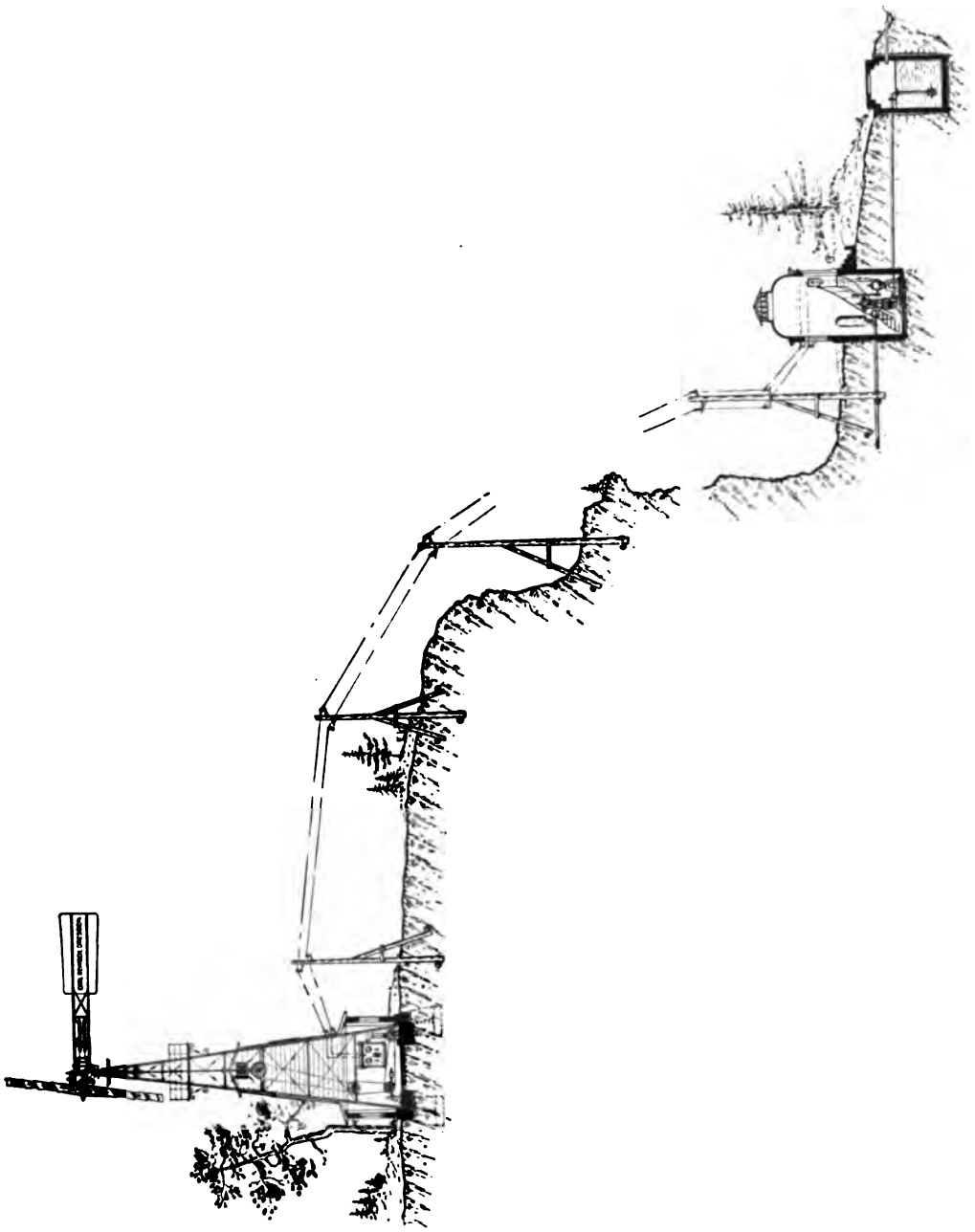


Fig. 15. Elektrisches Fernpumpwerk, Elektrizitätserzeugung nach Professor la Cour.

nach der im Tale stehenden Pumpe geführt wird, Fig. 14. Durch Anordnung von Gegengewichten lassen sich die ungleich wirkenden Kräfte der Gestängelast ausgleichen.

Bei Höhenunterschieden über 50 Meter ist der Antrieb der Pumpen durch Windmotoren nur noch mit dem elektrischen Fernpumpwerk möglich, Fig. 15. Bei diesem Betrieb wird die Leistung des Windmotors in elektrische Energie umgesetzt, indem man

Digitized by Google

unmittelbar durch den Windmotor den Generator antreibt. (Elektrizitätserzeugung nach Professor la Cour).

Die Pumpe, welche mit einem Elektromotor direkt gekuppelt ist, kann nun in beliebiger Entfernung und in jeder Tiefe dicht an der betreffenden Wasserstelle stehen, da ihr mit einer Oberleitung die elektrische Energie zugeführt wird, welche der in hoher Lage befindliche Windmotor entwickelt, Fig. 15. Die für derartige Zwecke besonders gewickelten Generatoren halten bei Tourenschwankungen zwischen 700 und 2000 gleichmäßige Spannung, so daß bei entsprechender Größe des Windmotors jeder Wind, der sich zum Betriebe eignet, nutzbar gemacht und auf die Pumpe übertragen werden kann.

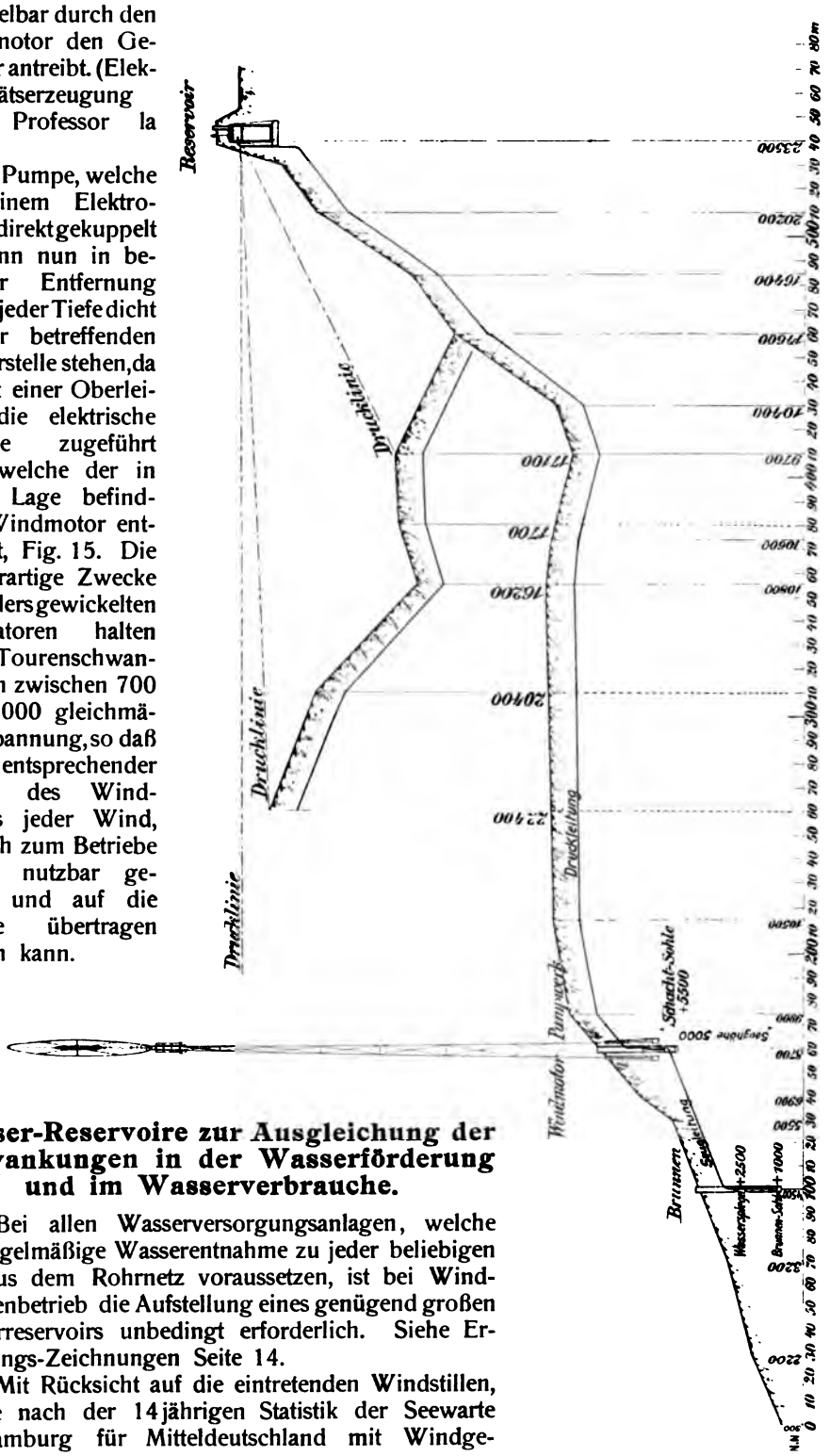


Fig. 16. Höhenprofil der Wasserversorgungs-Anlage einer Gemeinde mit Windmotor, Pumpwerk und Hochreservoir.

Wasser-Reservoire zur Ausgleichung der Schwankungen in der Wasserförderung und im Wasserverbrauche.

Bei allen Wasserversorgungsanlagen, welche eine regelmäßige Wasserentnahme zu jeder beliebigen Zeit aus dem Rohrnetz voraussetzen, ist bei Windmotorenbetrieb die Aufstellung eines genügend großen Wasserreservoirs unbedingt erforderlich. Siehe Erläuterungs-Zeichnungen Seite 14.

Mit Rücksicht auf die eintretenden Windstillen, welche nach der 14jährigen Statistik der Seewarte in Hamburg für Mitteldeutschland mit Windge-

Digitized by Google

schwindigkeiten unter 2,5 skm nicht länger als 70 Stunden hintereinander anhalten, ist das Wasserreservoir so groß zu bemessen, daß es den drei- bis sechsfachen Tagesbedarf aufzuspeichern vermag.

Es kann dann einerseits jeder vorkommende Wind, besonders anhaltender starker Wind, ausgenutzt werden, andererseits ist für vorkommende windarme und windstille Tage ein genügender Wasservorrat vorhanden.

Zur Wasserversorgung von einzelnen Häusern, Gütern usw. genügt gewöhnlich die Aufstellung eines oder mehrerer von Holz oder Eisen hergestellter Reservoire auf dem Speicher oder über dem Viehstalle, jedoch so hoch, daß sich alle Wasserentnahmestellen unterhalb der Reservoire befinden. Eine genügende Isolierung gegen Frost- und Wärmeeinwirkung wird durch Einpackung mit Torfmull oder Spreu erreicht.

Wasserversorgungsanlagen für Gemeinden machen stets die Errichtung eines genügend großen Wasserreservoirs unbedingt notwendig, sobald das Wasser aus dem Quellengebiet in ein Hochreservoir mittels Pumpen gehoben werden muß. Die Höhenlage des Hochreservoirs muß für sein Versorgungsgebiet mindestens eine solche sein, daß das Wasser in den entferntesten und hochgelegenen Gehöften der Gemeinde noch soviel Druck hat, daß es eventuell noch für Feuerlöschzwecke verwendbar ist. (Siehe Höhenprofil.) Fig. 16.

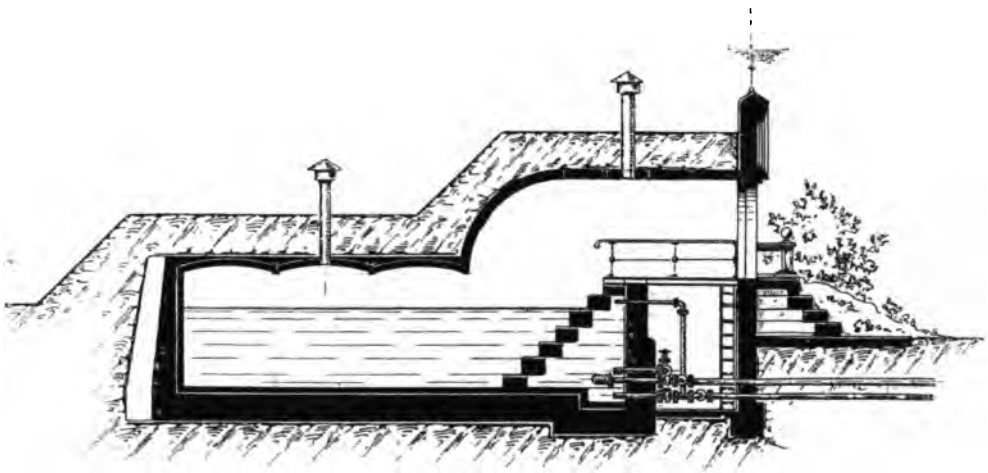


Fig. 17. Hochreservoir in Stampfbeton (Zweikammer-System.)

Ist für die Erbauung des Hochreservoirs ein Hügel oder eine Erdwelle in unmittelbarer Nähe des Wasserversorgungsgebietes vorhanden, so wird ersteres vorteilhaft in Stampfbeton ausgeführt und so angelegt, daß es von einer etwa 1 Meter starken Erdböschung gegen Witterungseinflüsse geschützt ist. Das in derartigen Behältern aufgespeicherte Wasser bleibt stets frisch, da es die Brunnentemperatur beibehält.

Durch Einbau einer Zunge in den Fassungsraum des Behälters erhält man 2 Kammern, welche mit Umführungsleitungen untereinander verbunden und getrennt werden können. Durch dieses Zweikammersystem ist man in der Lage, den Inhalt der einen Kammer stets für Feuerlöschzwecke bereit zu halten. Ferner kann durch wechselweise Benutzung der Kammern die eine oder andere gereinigt werden, ohne eine Störung in der Wasserversorgung zu verursachen.

Bietet die Lage des Wasserversorgungsgebietes keine Gelegenheit zur Herstellung eines Hochreservoirs in vorstehend beschriebener Weise, so muß ein Turmbehälter (Wasserturm) errichtet werden. Die Reservoire derartiger Wassertürme werden meist von Eisen mit einem Isoliermantel ausgeführt.

Digitized by Google

Wassertürme nach Professor Intze-Aachen.

Die Ausführung der runden Behälter, nach der Konstruktion des Professors Intze-Aachen, ist dadurch vorteilhaft, daß die durchhängenden Kugelböden am äußeren Umfange, wo sie mit dem Mantelblech zusammenstoßen, Auflageringe erhalten, so daß die Ringmauern der Türme allein — ohne Trägerlagerung — die Reservoire aufnehmen können.

Gestattet die Lage der Quellen oder Brunnen einen Wasserturm in unmittelbarer Nähe desselben zu errichten, so kann das Pumpwerk mit Windmotor auch in den Turm eingebaut werden, Fig. 19. Der Windmotor kommt bei derartigen Ausführungen

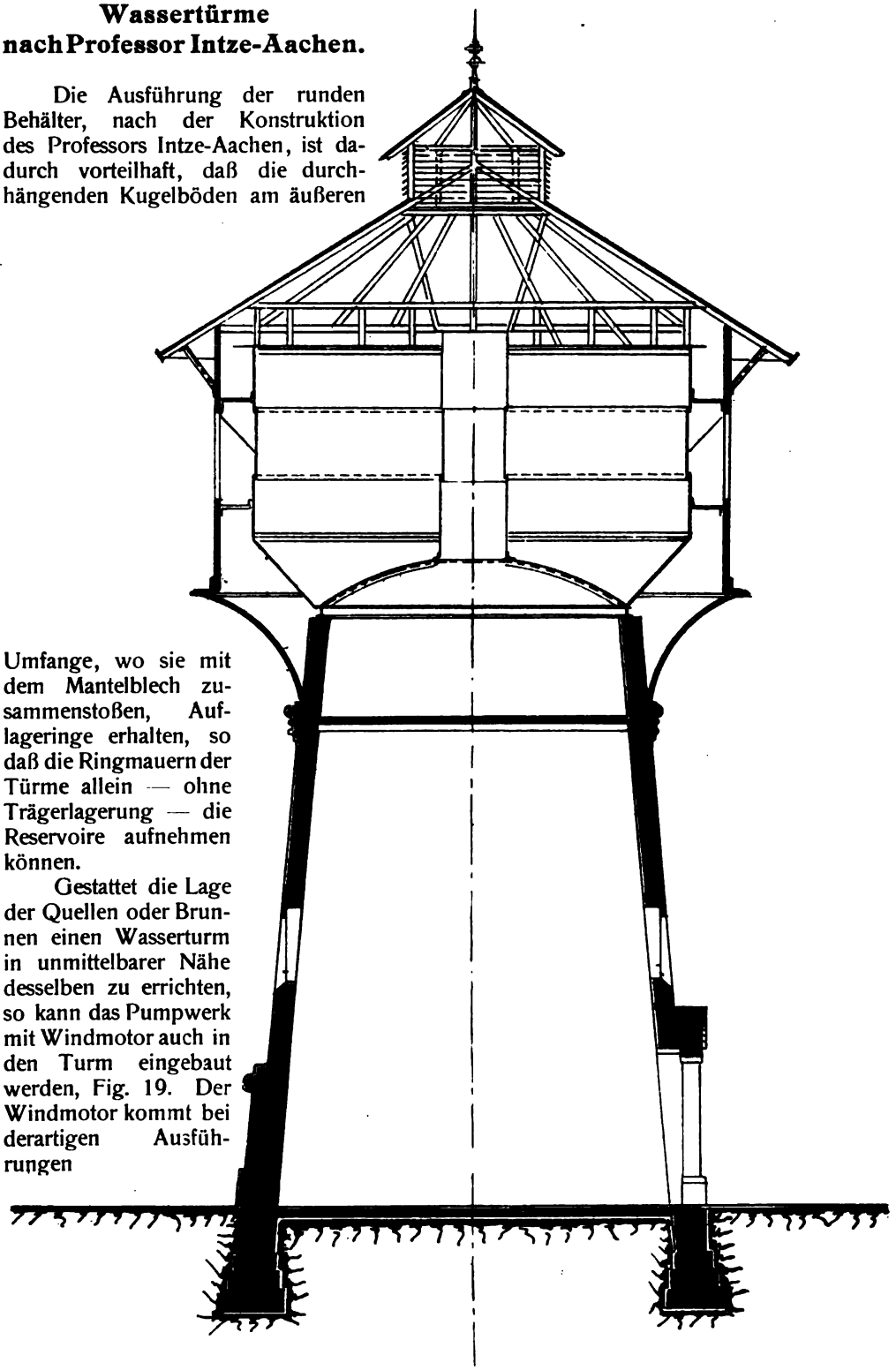


Fig. 18. Wasserbehälter nach System Intze.

Digitized by Google

Fig. 19. Eisenbahn-Wasserstation.

Fig. 20. Gemauerter Wasserturm mit frostsicher eingebautem eisernen Hochbehälter.

Fig. 21. Windmotor mit in den Turm eingebautem Wasserreservoir (nicht frostfrei).

über dem Reservoir zu stehen, und die Welle oder das Pumpengestänge wird nach der im Erdgeschoß oder in einem besonders angelegten Schacht aufgestellten Pumpe geleitet. Dadurch wird ein Turmgerüst für den Windmotor gespart, die Pumpe erhält einen gestützten Aufstellungsort, und die Bedienung des Windmotors kann durch bequem anzulegende Treppen im Innern des Turmes sehr erleichtert werden.

Bei kleineren Anlagen, besonders für Gärtnereien und Parkbewässerungen, kann auch in das Turmgerüst des Windmotors ein Reservoir, zur Erreichung einer größeren Druckhöhe, eingebaut werden. — Fig. 21. Diese Reservoire sind jedoch nicht frostsicher, weshalb sie nur in den Sommermonaten gebraucht werden können. — Sollen größere Wassermengen aufgespeichert werden, so empfiehlt es sich stets, einen massiven Wasserturm zu errichten, in dem auch das Wasser gegen Temperaturschwankungen genügend geschützt werden kann. Der Wasserturm Fig. 20 hat eine quadratische Grundfläche. Die Zwischenböden in den einzelnen Etagen können als Speicherräume Verwendung finden; auch kann die Aufstellung einer Schrotmühle und deren Betrieb durch den Windmotor erfolgen.

Digitized by Google

Wasserwerksanlagen für kleinere Städte und Gemeinden.

Die Anwendung der Windmotor-Pumpwerke für Gemeindewasserversorgungsanlagen ermöglicht, das Wasser aus entlegenen Quellen und Grundwassergebieten zu entnehmen, die bei großen Entfernungen und Tiefen die Anwendung von anderen mechanischen Pumpwerken, welche eine regelmäßige Wartung und Bedienung nötig haben, gänzlich ausschließen. Bleibt der sekundliche Wasserzulauf aus einem Quell- und Grundwassergebiet hinter der sekundlichen Leistung des Pumpwerkes zurück, so ist ein Sammelbehälter anzulegen, der die Schwankungen zwischen Wasserzulauf und Entnahme ausgleicht, Fig. 12.

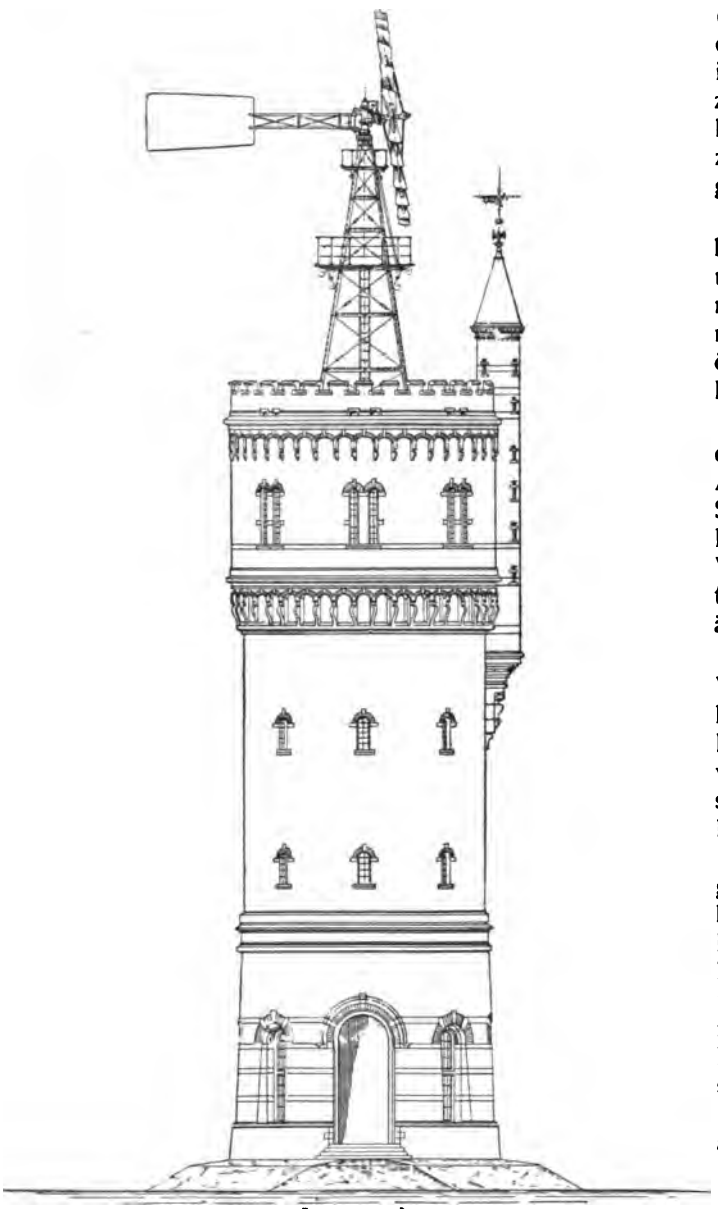


Fig. 22. Wasserturm mit eingebautem Windmotorpumpwerk.

Die Größe des Sammelbehälters des Hochreservoirs und der Leistung des Windmotorpumpwerkes kann nur nach genauer Prüfung der örtlichen Verhältnisse von Fall zu Fall bestimmt werden.

Bei zweckentsprechender Anordnung derartiger Anlagen bieten sie jede Sicherheit für regelmäßige Deckung des täglichen Wasserbedarfs, selbst in der trockensten und wasserärmsten Zeit.

Die Rentabilität der Wasserversorgungsanlagen für Gemeinden. Dieselbe wird bei Anwendung von Motorbetrieb sehr durch die Betriebsart beeinflußt.

Der verhältnismäßig geringe tägliche Wasserbedarf bei Gemeinden und kleinen Städten von 500 bis 3000 Einwohnern macht in den weitaus meisten Fällen nur außerordentlich geringe Betriebskräfte erforderlich, so daß bei Anwendung von Wärmemotoren fast bei allen die Kosten der Bedienung größer oder aber fast ebensogroß sind, als der Brennnstoffverbrauch.

Digitized by Google

Den nachfolgenden Betriebskostenberechnungen sind Leistungen der Motoren von 3 PS zugrunde gelegt, da bei Gemeindewasserversorgungsanlagen für den Betrieb der Pumpen selten größere Betriebskräfte erforderlich sind.

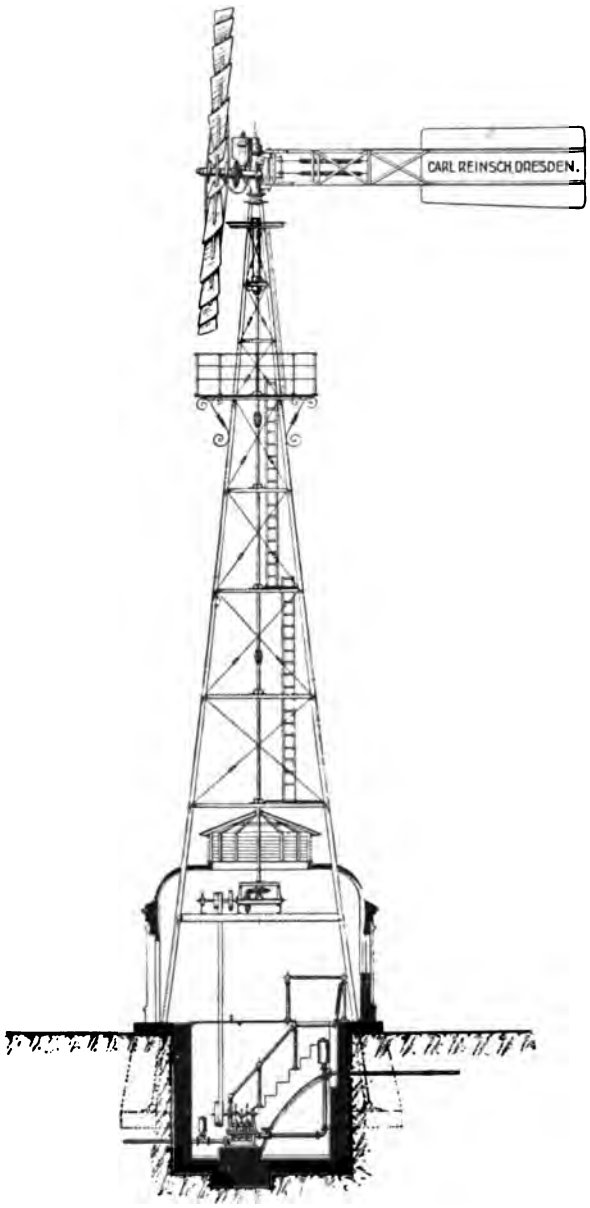


Fig. 23. Windmotorpumpwerk mit dreifach wirkender Hochdruckpumpe für Gemeindewasserversorgung.

Zu dem schlechten Nutzeffekt aller kleinen Kraftmaschinen, die durch Umsetzung von Wärme nutzbare Arbeit leisten, kommen noch häufige Reparaturen, die mit dem Verschleiß der besonders schnell laufenden Maschinen zunehmen. Berücksichtigt man ferner die erforderliche fachmännische Bedienung und Wartung, die Gefahr des Zerfrierens der mit Wasser gekühlten Gas- und Benzinmotoren, sowie die hohen Kosten für Transport und Unterbringung von Brennmaterial, so verdienen die selbsttätig und ohne Wartung arbeitenden Windmotoranlagen entschieden den Vorzug.

Unzähligen kleinen, meist hochgelegenen Ortschaften, deren Einwohner mühsam aus weit entlegenen Quellen das Wasser mit Karren und Fässern heranholen müssen und noch anderen, die sich zeitweise mit in Teichen und Tümpeln gesammeltem Regenwasser begnügen, ist mit dem Windmotorpumpwerk die Möglichkeit zur Erbauung einer gemeinsamen Wasserleitung gegeben. Das Anlagekapital derartiger Anlagen verzinst sich fast in allen Fällen nicht nur ausreichend, sondern es amortisiert sich von selbst, da es den betreffenden Gemeinden von Kreisverbänden und öffentlichen Kassen in der Regel zu niedrigem Zinsfuß und gegen geringe Amortisation vorgestreckt wird. Außerdem erhalten fast alle Gemeinden eine Staatsbeihilfe zu den Baukosten, besonders dann, wenn die schlechte Beschaffenheit der Brunnen die Gesundheit von Menschen und Vieh ernstlich bedroht und eine schnelle Abhilfe erforderlich macht. In letzter Zeit sind derartige Wasserversorgungs-Anlagen für Gemeinden und kleinere Städte vielfach entstanden, was nur dadurch möglich war, daß die Leistungen und die Haltbarkeit der Windmotoren zur größeren Vollkommenheit entwickelt wurden.

Durch jahrelange Erfahrungen mit denselben, ist man in der Lage, die Verhältnisse zwischen Wasserleistungen und Entnahme so zu wählen, daß Störungen ausgeschlossen sind.

Digitized by Google

Fig. 24. Gemeindewasserversorgung.

Drittes Kapitel

Biologische Abwasserreinigungsanlagen.

Durch die allgemeine Einführung zentraler Wasserversorgungsanlagen und der dadurch vermehrten Abwassermengen werden nach und nach auch kleinere Gemeinden gezwungen, für ordnungsmäßige Beseitigung der Abfallstoffe Sorge zu tragen.

Für Ortschaften, die an einer wasserreichen Vorflut liegen, birgt die Beseitigung der durch die Kanalisation zum Abfluß gebrachten Abwässer keine erheblichen Schwierigkeiten; sie haben nur nötig, die gröberen, für das Auge sichtbaren Unratstoffe auszuscheiden und können so die auf die einfachste Weise mechanisch gereinigten Abwässer ohne Nachteile für die Unterlieger der Vorflut übergeben. Anders ist es bei Gemeinden mit einer schwachen Vorflut. Sie sind gezwungen, der Reinigung der Abwässer erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken, und müssen zu den Reinigungsverfahren greifen, die fäulnisunfähigen Abfluß gewährleisten.

An erster Stelle steht hier die Berieselung. Bei ordnungsmäßigem Betriebe liefert das Rieselverfahren klaren, geruchlosen und fäulnisunfähigen Abfluß. Für eine Rieselfeldanlage ist aber nicht jedes Gelände und jede Bodenart geeignet. Die Anwendung des Rieselverfahrens ist also beschränkt, sie kann nur da erfolgen, wo ausreichend große Landflächen zu angemessenen Preisen zu haben sind. In allen anderen Fällen wird man sich der biologischen Reinigung bedienen.

Das biologische Verfahren, auch Oxydationsverfahren genannt, ist in jedem Gelände anwendbar, und man kann sich in dem Grad der Reinigung allen Anforderungen anpassen. Aus diesem Grunde wird das Verfahren in Zukunft sicher eine große Verbreitung finden. Man unterscheidet hierbei zwei Verfahren, das intermitterende oder Füllverfahren und das kontinuierliche oder Tropfverfahren.

Das Füllverfahren.

Bei dem Füllverfahren wird das zu reinigende Wasser in ein wasserdichtes Becken geleitet, das mit Schlacke, Koke, Ziegelbrocken, Bruchsteinen oder sonstigem geeigneten festen Material gefüllt ist, bleibt darin mehrere Stunden stehen und fließt dann nach Öffnung des Absperrschiebers in gereinigtem Zustande ab. Nach der Entleerung bleibt der Oxydationskörper mehrere Stunden leer stehen; darauf beginnt die Füllung von neuem, Fig. 25.

Das Tropfverfahren.

Bei dem Tropfverfahren werden die obengenannten Materialien auf einer festen Sohle aufgeschüttet, und das Wasser wird in möglichst dünner Schicht oder gar in Tropfen verteilt. Das Wasser tropft innerhalb der Körper von einem Stück zum andern und tritt nach kurzer Zeit auf der Sohle aus. — Fig. 26.

Digitized by Google

In den Fällen, wo eine Hebung des in den Vorreinigungsräumen — Klärbecken, Klärbrunnen und Faulbecken — sich absetzenden Schlammes erforderlich ist, hat es sich in der Praxis bewährt, die Betätigung der Schlammpumpen durch Windmotoren erfolgen zu lassen. Bei der Anwendung der fast kostenlosen Betriebskraft der Windmotoren, die auch eine ganz geringe Wartung erfordern, kann an den Betriebskosten der Reinigungsanlagen ganz wesentlich gespart werden.

Der Umstand, daß der Pumpenbetrieb bei schwachem Winde unterbrochen werden muß, fällt gar nicht ins Gewicht, weil es durchaus nicht erforderlich ist, die Klärbecken usw. regelmäßig oder ununterbrochen zu reinigen. Man kann vielmehr den Schlamm ohne Schaden längere Zeit in den Becken liegen lassen und den Betrieb bei ausreichender Windstärke wieder aufnehmen.

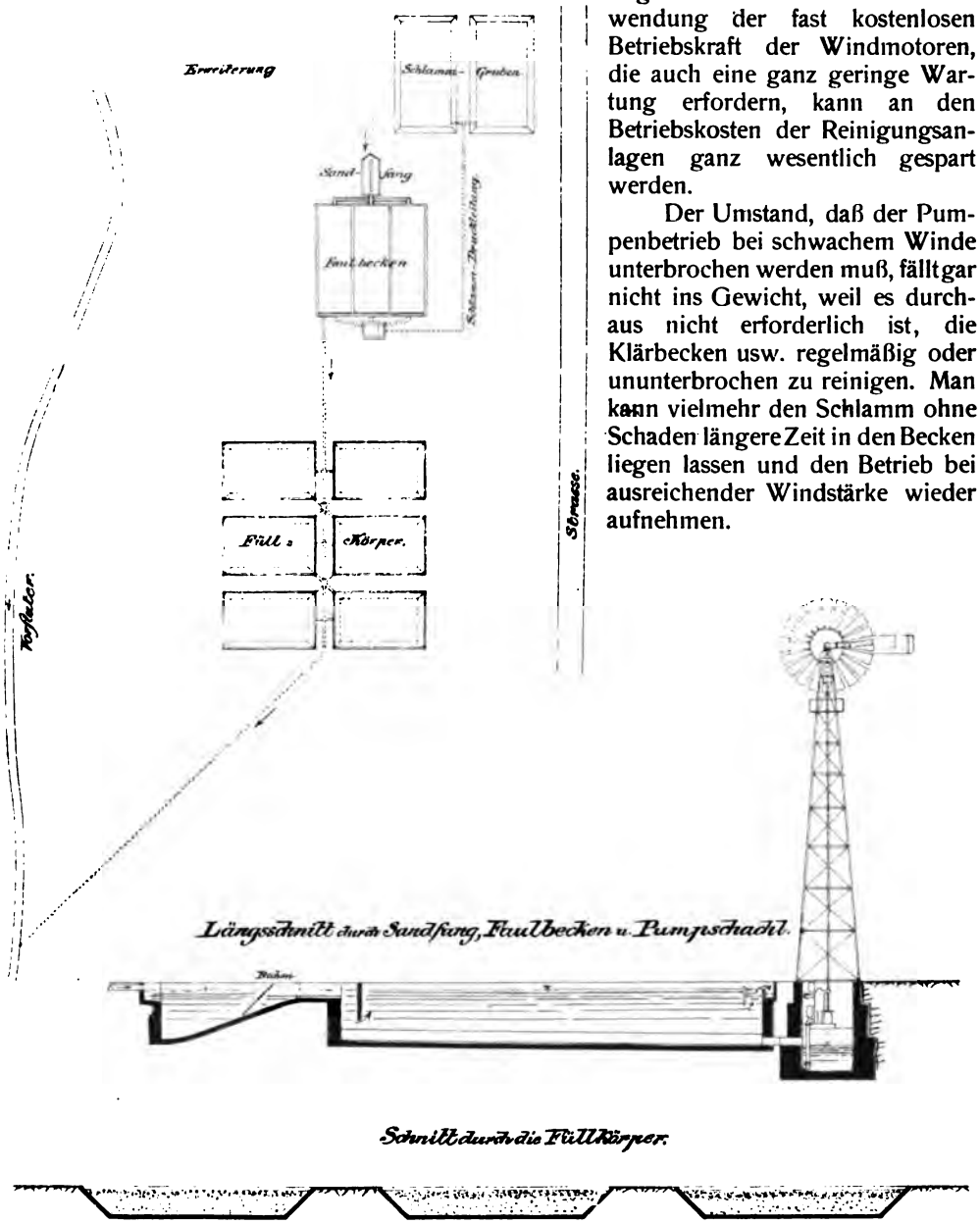


Fig. 25. Abwasserreinigungsanlage für eine Stadt von 10000 Einwohnern. Biologisches Füllverfahren.

In Fig. 25 ist das Projekt für eine Abwässerungsanlage dargestellt, bei der das Abwasser in einem mit einem Rechen ausgestatteten Sandfange und in drei Faulbecken vorgereinigt und in biologischen einstufigen Füllkörpern weiter gereinigt wird.

Digitized by Google

Fig. 26 zeigt eine biologische Reinigungsanlage mit Tropfkörpern. Das Wasser durchfließt auch hier zuerst einen Sandfang mit Rechen und dann Klärbrunnen. Das so vorgereinigte Wasser wird auf biologische Tropfkörper geleitet, wo es durch Streudüsen über die Oberfläche der Körper verteilt wird. Ein Haupterfordernis ist

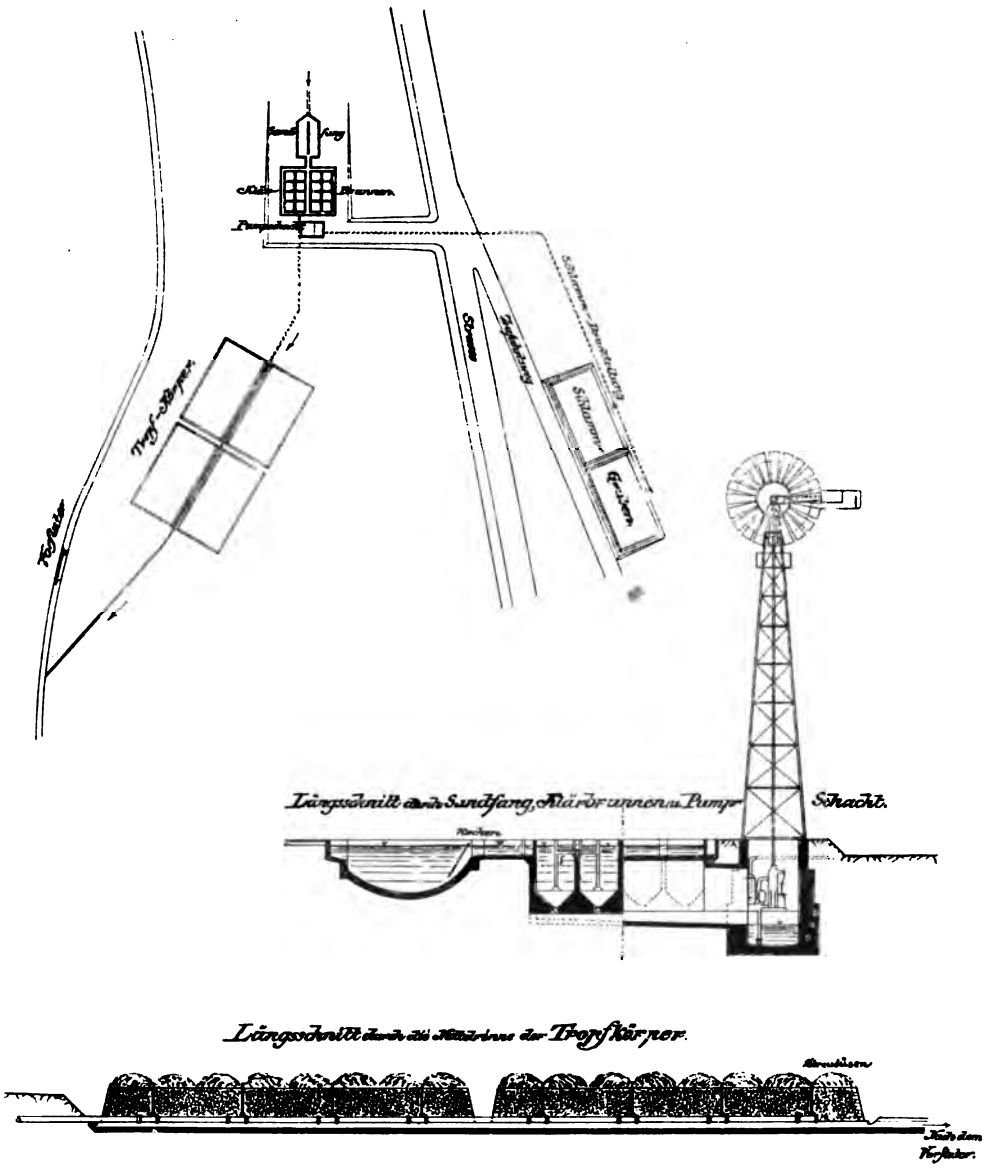


Fig. 26. Abwasserreinigungsanlage für eine Stadt von 10000 Einwohnern. Biologisches Tropfverfahren.

ein günstiger Aufbau der Tropfkörper, so daß eine ausreichende Lüftung stattfindet. Man setzt das Körpermaterial zu dem Zwecke auf einen rostartigen Unterbau, wodurch auch anderseits dem durchtropfenden Wasser ein bequemer Abfluß gesichert wird. Eine dem Ingenieur Lehmann-Remscheid geschützte Sohlenkonstruktion hat sich nach dieser Richtung hin bestens bewährt.

Digitized by Google

Die Entschlammung braucht nur selten vorgenommen zu werden, was besonders dann von Vorteil ist, wenn der Absatz des Schlammes an die Landwirte erfolgen kann, die ihn nur im Herbst als Dünger verwenden.

Von den beiden biologischen Verfahren, dem Füll- und Tropfverfahren, ist keines dem anderen grundsätzlich überlegen. Es entscheiden hier lediglich die örtlichen Verhältnisse. Beim Füllverfahren ist jedoch die Verteilung des Wassers über die Oberfläche der Körper einfacher als beim Tropfverfahren. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß Füllkörper frostfrei sind, weniger Geruch verbreiten, und die Abflüsse sich fast frei von Schwebestoffen darstellen. Zugunsten des Tropfverfahrens spricht anderseits der Umstand, daß man die grobkörnigen Körper ohne Nachteil für eine gute Belüftung aufhauern kann, als die aus feinkörnigem Material hergestellten Füllkörper. Die Tropfkörper sind auch leistungsfähiger, einfacher im Bau und Betrieb, und die Baukosten daher auch geringer. Wo die biologische Anlage weitab von der Bebauung liegt und reichlich Gefälle vorhanden ist, wird man Tropfkörper anwenden, und die andere Körperart in den Fällen, wo große Grundflächen vorhanden sind und starke Gerüche vermieden werden müssen. Im Gegensatz zu den mechanischen Reinigungsverfahren, welche im allgemeinen nur die ungelösten Stoffe aus dem Abwasser entfernen, vermag das biologische Verfahren, gerade wie die Berieselung, auch die gelösten fäulnisfähigen Stoffe zu entfernen, also fäulnisunfähigen Abfluß zu liefern.

Fig. 27. Pumpwerk einer zentralen Wasserversorgungsanlage.

Zu der Abwasserreinigungsanlage der Stadt Dillingen a. Saar ist bereits vor $1^1/_2$ Jahren ein Windmotor zur Betätigung von zwei Schlammpumpen — die auch zeitweise Reinwasser zur Spülung der Klärbecken fördern — von der Firma Carl Reinsch, Dresden geliefert worden. Die Anlage mit den besonders dazu konstruierten Schlammpumpen hat sich bis jetzt glänzend bewährt.

Digitized by Google

Viertes Kapitel

Betriebskostenberechnungen verschiedener Betriebsarten unter Zugrundelegung mittlerer Brennstoffpreise für Mitteldeutschland.

I. Dampfmaschinenanlage.

Kohlenpreis per 10000 Kilo Mk. 180.— bis Mk. 120.— ab Grube und Mk. 60.— Fracht.

Maschinengröße in Pferdestärken	3 PS
Pferdekraftstunden pro Jahr	9000
Anlagekapital	2300 Mk.
Dampfverbrauch per indizierte PS und Std.	22 kg
Wirkungsgrad	0,7
Verdampfung	6
Kohlenverbrauch per PS und Std.	5 kg
Verlust durch Kondensation in der Rohrleitung	5%
Gesamtbrennstoffverbrauch per effektive PS und Std.	5,9 kg
„ „ „ Jahr	53100 kg
Öl und Putzwolle per effektive PS und Std.	0,9
Bedienung per Jahr	900 Mk.

Verzinsung des Anlagekapitals, Abschreibung, Instandhaltung 15%.

Gesamtausgaben pro Jahr;

15% vom Anlagekapital 2300 · 15	345.— Mk.
Bedienung pro Jahr	900.— „
Brennstoff „ „ 53100 · 180	960.— „
Öl und Putzwolle 9000 · 0,009	81.— „
	2286.– Mk.

per effektive Pferdekraftstunde $\frac{2286}{9000} = 25{,}5$ Pf.

II. Leuchtgasmotorenanlage.

1 cbm Leuchtgas 12,33 Pf. (5000 Cal. unter Heizwert) 1 cbm Wasser 16 Pf.

Maschinengröße in Pferdestärken	3 PS
Pferdekraftstunde	9000
Anlagekapital	2100
Brennstoffverbrauch per effektive PS u. Std.	760 Ltr.
„ „ Jahr	6840 cbm
Kühlwasser per effektive PS u. Std.	40 Ltr.
Kühlwasserverbrauch per Jahr	360 cbm
Öl u. Putzwolle per effektive PS u. Std.	0,9 Pf.
Bedienung per Jahr	300 Mk.

Verzinzung des Anlagekapitals, Abschreibung und Instandhaltung 15%

Digitized by Google

Gesamtkosten pro Jahr:

15% vom Anlagekapital 2100 Mk:	316.—	Mk.
Bedienung per Jahr	300.—	„
Brennstoff „ „ 6840 · 12,33	850.—	„
Kühlwasser „ „ 360 · 0,16	58.—	„
Öl u. Putzwolle 9000 · 0,009	81.—	„
	1605.—	Mk.

per effektive Pferdekraftstunde $\frac{1605}{9000} = 18$ Pf.

III. Anthracit-Generatorgasmotoren-Anlage.

Anthracit Mk. 260. —, Coke Mk. 220.— per 10000 kg. Wasser per cbm 16 Pf.
Ab Grube: Anthracit Mk. 200.— Coke Mk. 160.—; Fracht Mk. 60.—.

Maschinengröße in Pferdestärken:	6	PS
Pferdekraftstunden	9000	
Anlagekapital	7600	Mk.
Brennstoffverbrauch per effektive PS und Std.	0.70	kg
Verlust durch Anheizen und Ausschlacken	10%	
Brennstoffverbrauch per Jahr	6300	kg
Kühlwasserverbrauch per effektive PS und Std.	39	Ltr.
„ „ Jahr	351	cbm
Öl und Putzwolle per effektive PS und Std.	0.65	Pf.
Bedienung per Jahr	900	Mk.

Verzinsung des Anlagekapitals, Abschreibung und Instandhaltung 15%.

Gesamtkosten per Jahr:

Anlagekapital 15% von 7600:	1135.—	Mk.
Bedienung per Jahr	900.—	„
Brennstoff 6300 · 260	165.—	„
Kühlwasser 351 · 0.16	56.—	„
Öl und Putzwolle 9000 · 0.0065	58.—	„
	2314.—	Mk.

per effektive PS und Std. = 25 Pf.

Die Gesamtkosten für denselben Motor bei voller Ausnutzung der 6 PS.
mit 18000 PS-Std. per Jahr betragen . . . . . 2700.— Mk.

per effektive Pferdekraftstunde $\frac{2700}{1800} = 15$ Pf.

IV. Benzinmotorenanlage.

Benzolpreis Mk. 25.— per 100 kg, Wasser per cbm 16 Pf.

Maschinengröße in Pferdestärken	3	PS
Pferdekraftstunden	9000	
Anlagekapital	2900	Mk.
Brennstoffverbrauch per effektive PS und Std.	45	Pf.
„ „ Jahr	4050	Mk.
Kühlwasserverbrauch per effektive PS und Std.	40	Ltr.
„ „ Jahr	360	cbm
Öl und Putzwolle per PS und Std.	0,9	Pf.
Bedienung per Jahr	300	Mk.

Verzinsung des Anlagekapitals, Abschreibung und Instandhaltung 15%.

Digitized by Google

Gesamtkosten pro Jahr:

Anlagekapital 2900 Mk. 15%	425.—	Mk.
Bedienung per Jahr	300.—	„
Brennstoff „ „ 4050 · 0,25	1125.—	„
Öl und Putzwolle 9000 — 0,009	81.—	„
Kühlwasser 360 · 0,16	57.50	„
	1988.50	Mk.

per effektive Pferdekraftstunde $\frac{1988.50}{9000}$ = 22 Pf.

V. Elektromotorenanlage.

1 Kwt.-Std. 20 Pf.

Maschinengröße in Pferdestärken	4	PS
Pferdekraftstunden	9000	
Anlagekapital (Preis des Motors inklusive Fundamentschienen, Anlasser, Sicherungsschalter und Montage, jedoch ohne Anschlußleitung)	1050	Mk.
Bedienung per Jahr	150	„
Öl und Putzwolle per PS und Std.	0,5	Pf.

Verzinsung des Anlagekapitals, Abschreibung und Instandhaltung 15%

Gesamtausgaben pro Jahr:

Anlagekapital Mk. 1050 zu 15%	158.—	Mk.
Bedienung	150.—	„
Stromverbrauch.		
6600 Kwt.-Std. = 6600 · 0,20	1320.—	„
Öl und Putzwolle 9000 · 0,005	45.—	„
	1673.—	Mk.

per effektive Pferdekraftstunde $\frac{1673}{9000}$ = 18,5 Pf.

Die Preise der elektrischen Energie sind sehr verschieden und schwanken zwischen 15 und 40 Pf. per Kwt.-Std. (für Kraftzwecke).

VI. Windmotoranlage.

1 Stahlmotor 8.5 ø auf 16 Meter hohem Turm einschließlich Transmission zur direkten Abgabe der Kraft.

Leistung: bei 4 skm Wind 1.5 PS an 185 Tgn. = 185 · 8 · 1.5 =	2220	PS Std.
„ 5 „ „ 3 PS „ 60 „ = 60 · 8 · 3 =	1440	„ „
„ 6 „ „ 6 PS „ 55 „ = 55 · 8 · 6 =	2640	„ „
„ 7 „ „ 8.5 PS „ 65 „ = 65 · 8 · 8.5 =	4410	„ „
per Jahr	10710	PS Std.
Arbeitsverlust durch Reibung in der Transmission 16%	1710	„ „
effektive Leistung 9000 PS Std.	9000	PS Std.
Maschinengröße (Raddurchmesser)	8,5	m
Pferdekraftstunden per Jahr	9000	
Anlagekapital (Kostenberechnung Seite 31)	6000	Mk.
Bedienung per Jahr (2mal wöchentlich 1 Stunde)	150	„
Öl und Putzwolle per effektive PS-Std.	0,5	Pf.

Verzinsung des Anlagekapitals, Abschreibung und Instandhaltung

für den Motor und die Transmission (3400 Mk.)	15%
„ „ Turm (2600 „)	10%

Digitized by Google

Gesamtausgaben pro Jahr:

Motor und Transmission 3400 zu 15%	510.— Mk.
Turm und Zubehör 2600 „ 10%	260.— „
Bedienung	150.— „
Öl und Putzwolle 0,5 Pf. per PS und Std. 9000 · 0,005	45.— „
	965.— Mk.

per effektive Pferdekraftstunde $\frac{965.-}{9000}$ = 10,7 Pf.

Vergleichende Betriebskosten-Tabelle

nach vorstehenden Betriebskostenberechnungen für Dampf-, Leuchtgas-, Generatorgas-, Benzin-, Elektro- und Windmotorenbetrieb.

Leistung: durchschnittlich 3 PS
„ pro Jahr „ 9000 PS-Stunden.

Nr.	Maschine (Betriebsart)	Brennstoffverbrauch pro Jahr Mk.	Kühlwasserverbrauch pro Jahr Mk.	Bedienung pro Jahr Mk.	Öl- u. Putzmittel pro Jahr Mk.	Betriebskosten pro Jahr Mk.	Betriebskosten pro PS-Std. in Pf.
1	Dampf	960,—		900,—	81,—	2286,—	25,5
2	Leuchtgas	850,—	58,—	300,—	81,—	1605,—	18,—
3	Anthr. Gen.-Gas	165,—	56,—	900,—	81,—	2414,— (2700,—)	25,— (15,—)
4	Benzin	1125,—	57,50	300,—	81,—	1988.50	22,—
5	Elektr. Motor	1320,—		150,—	45,—	1673,—	18,5
6	Wind			150,—	45,—	965,—	10,7

Bereits in der Einleitung ist bemerkt, daß der Nutzeffekt mit der Größe der Maschinen steigt. Die Gesamtkosten stellen sich demnach bei größeren Leistungen wesentlich günstiger, wie aus nachstehender Tabelle ersichtlich ist:

Leistung:	3 PS	10 PS	20 PS	50 PS	100 PS	500 PS
1. Dampfmaschine	25,5	16,3	11,—	7,3	5,7	3,7
2. Leuchtgasmotor	18,—	14,6	12,2	9,9	8,7	7,3
3. Anthrac. Gen.-Gas	25,— (15)	10,9	8,2	5,5	4,5	3,3
4. Benzin	22,—	16,2	15,2	13,1	11,1	
5. Elektromotor	18,5	15,5	14,6	13,7	13,5	
6. Wind	10,7	7,8				

Pfennige pro Pferdekraftstunde.

Digitized by Google

Kostenberechnung einer Windmotoranlage für eine Leistung von 9000 Pferdestärken effektiv pro Jahr

von Carl Reinsch-Dresden.

1.	1 Stahlwindmotor 8,5 Meter Raddurchmesser mit selbstätigen Regulier-vorrichtungen nach Windrichtung und Windstärke	2550	Mk.
2.	1 schmiedeeiserner Turm 16 Meter Höhe über Erdboden, komplett mit 2 Podesten, bequem besteigbarer Leiter und gutem Ölfarbenanstrich	2150	„
3.	1 schmiedeeiserne Trägerlagerung in der zweiten Horizontalverbindung des Turmes	250	„
4.	Die vertikale Transmission im Turm		
	10 Meter Stahlwelle nebst Lagern, Kuppelungen usw.	230	„
	1 Spurlager	52	„
	1 unteres konisches Räderpaar zur Kraftübertragung von der vertikalen auf die horizontale Welle	100	„
5.	Das Hauptvorgelege: 1 Stahlwelle 3000/60, 3 Stehlager, komplett, 2 Stellringe, 1 Riemenscheibe 800/125	147	„
6.	Das Zwischenvorgelege; 1 Stahlwelle 3000/50, 2 Stehlager 50 ø kompl., 2 Stellringe, 1 Riemenscheibe 600/125	99	„
7.	Montage an Ort und Stelle usw.	422	„
		6000	Mk.

Fundamente sind nicht berechnet, da in den Betriebskostenberechnungen aller anderen Betriebsarten nicht vorgesehen.

Die zur Wasserförderung erforderlichen Kräfte sind bei gleichen Wassermengen stets dem Druckwiderstand, d. h. der Gesamtförderhöhe proportional.

Bei kleineren Druckwiderständen ist demnach eine geringere Betriebskraft erforderlich. Bei dem Betrieb mit Windkraft läßt sich die Pumpenleistung auf einige Stunden verteilen, wodurch man mit verhältnismäßig sehr kleinen Stundenleistungen zu rechnen hat, die Gesamtleistung der Anlage pro Sekunde bzw. pro Stunde demnach — im Verhältnis zu der Tagesleistung — sehr klein ist.

Die Anschaffungskosten derartiger Pumpwerke sind deshalb auch sehr niedrig bzw. nicht höher, als solche anderer Betriebsarten — Dampf — Benzin — Spiritus — usw., trotzdem für erstere meist ein hohes und ziemlich kostspieliges Turmgerüst zur zweckentsprechenden Aufstellung erforderlich ist. Der für den Betrieb letzterer nötige Brennstoff und eine sachgemäße Bedienung der sehr viel sorgfältiger Wartung erfordernden Kleinmotoren begünstigen die Rentabilität der Windmotoren-Pumpwerke außerordentlich; aber nicht nur allein für die Wasserförderung ist das zutreffend, auch der zeitweise Betrieb jeder anderen Maschine, die nicht unbedingt zu einer bestimmten Zeit arbeiten muß, wird sich mit Kleinmotoren stets bedeutend ungünstiger stellen, als mit Windkraft.

Der in folgendem Kapitel besprochene Betrieb landwirtschaftlicher Maschinen läßt zur Genüge erkennen, daß die Kraft des Windes trotz ihrer Unbeständigkeit außer zur Wasserförderung noch eine vielseitige Verwendung finden kann, wenn man sie den Arbeitsverhältnissen anzupassen versteht.

Digitized by Google

Fünftes Kapitel.

Der Kraftbetrieb in der Landwirtschaft.

Viele größere landwirtschaftliche Betriebe besitzen zu ihren Brennereien und Molkereien Kraftanlagen, die auch oft gleichzeitig zur Erzeugung elektrischer Energie dienen. Bei derartigen Anlagen ist der zeitweise Betrieb einzelner landwirtschaftlicher Maschinen durch Elektromotore eine sehr bequeme und vorteilhafte Einrichtung. Die Fortleitung der elektrischen Energie bis nach den Vorwerken und Feldscheunen ermöglicht den Betrieb der Dreschmaschinen durch fahrbare Elektromotoren, und selbst der elektrische Pflug ist schon seit Jahren mit bestem Erfolg in einzelnen Betrieben zur Anwendung gekommen.

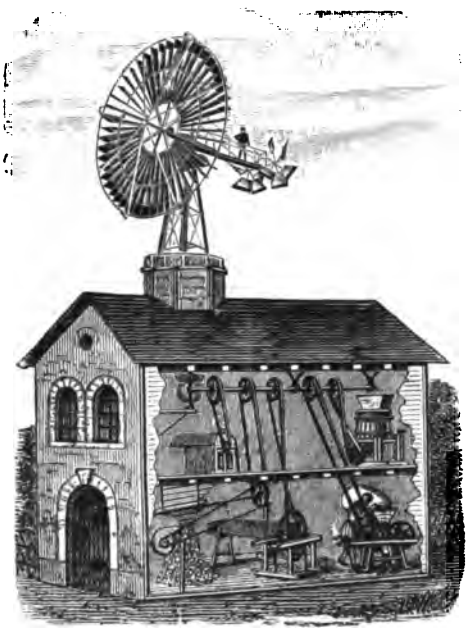


Fig. 28. Betrieb landwirtschaftlicher Maschinen mit einem Windmotor.

Ist eine Zentralisierung des ganzen Betriebes, eventuell auch durch Anschluß an ein Elektrizitätswerk, in der vorerwähnten Weise nicht ausführbar, so muß die Lokomobile in der altgewohnten Weise von einer Arbeitsstelle zur andern geschoben werden, was besonders zur Zeit der Ernte recht unbequem ist. Nach dem Dreschen wird aber recht häufig monatelang die Lokomobile nicht angeheizt, da ihr Betrieb für die kleineren landwirtschaftlichen Maschinen, die fast alle Tage gebraucht werden, zu kostspielig ist.

Die Pumpe, Futterschneidemaschine, der Ölkuchenbrecher und andere Vorrichtungen, die geringere Betriebskraft bedürfen, werden zeitweise von Arbeitern betätigt, Häckselmaschine und Schrotmühle auf vielen Gütern durch Göpel angetrieben. Die vom Wetter abhängige Arbeitseinteilung in landwirtschaftlichen Betrieben macht nun oft die Verwendung von Arbeitern und Pferden zum Betriebe von landwirtschaftlichen Maschinen unmöglich, da die Feldarbeiten alle Kräfte beanspruchen. In solchen Fällen bleiben einzelne dringende Arbeiten zurück, und die mit großem Geschick getroffenen Dispositionen müssen umgeworfen werden. Kleine Betriebe, die nur über eine ganz beschränkte Anzahl Hilfskräfte verfügen, empfinden jedenfalls am meisten den Mangel mechanischer Einrichtungen, die ohne großen Kostenaufwand, besonders in der Zeit der Feldbestellung und Ernte, einen Teil der von Arbeitern und Pferden zu leistenden Arbeiten verrichten. —

Digitized by Google

Der Abgang unzähliger Arbeiter vom Lande nach der Stadt, welcher in vielen Gegenden Deutschlands eine unverkennbare Leutenot herbeigeführt hat, ist jedenfalls die Veranlassung dazu, daß viele Landwirte ihren kleinen Betrieb nach dem Muster großer auszugestalten versuchen, um sich nach Möglichkeit von menschlichen Arbeitskräften unabhängig zu machen. Alle bereits früher besprochenen Antriebsmaschinen sind hierfür geeignet, wenn nicht auf Vorteile einzelner ein besonderer Wert gelegt wird.

Die Beurteilung, welche Betriebsart für den einzelnen Fall vorzuziehen ist, kann erst nach genauer Kenntnisnahme der örtlichen besonderen Verhältnisse geschehen.

Die Windkraft, welche überall kostenlos zu haben ist, findet heute schon in vielen Gutshöfen vielseitige Verwendung. Es kommt ihr gerade in landwirtschaftlichen Betrieben zustatten, daß sie trotz ihrer Unregelmäßigkeit vollkommen ausgenutzt werden kann, da die Arbeiten, welche sie zu verrichten hat, als Wasserpumpen, Häcksel- und Futterschneiden, Schroten, Sägen usw. niemals zu einer ganz bestimmten Zeit ausgeführt werden müssen.

Ebenso, wie man in ein entsprechend großes Wasserreservoir für einige Tage Wasser auf Vorrat pumpen läßt, kann man auch an einem windreichen Tage einen Vorrat an Häcksel, Futter und Schrot herstellen, der für eine Reihe von Tagen und eventuell über eine Windstille hinaus vorhält. Entspricht die Größe bzw. Leistung des Motors dem Kraftbedarf der einzelnen Maschinen und ist die ganze Anlage zweckentsprechend ausgeführt, so ist die Windkraft zweifellos die einfachste und vorteilhafteste Betriebsart für die Landwirtschaft, die nicht den Vorzug hat, an elektrische Zentralen angeschlossen zu sein oder eigene Elektrizitätswerke zu besitzen.

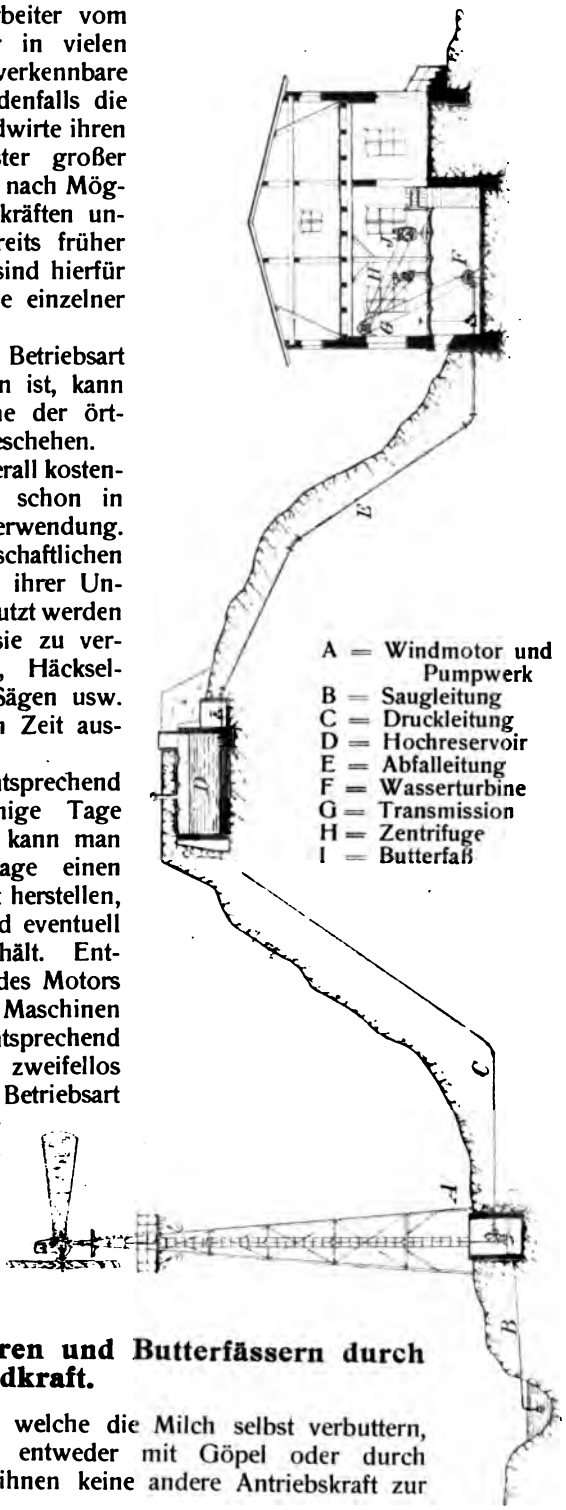


Fig. 29. Indirekter Betrieb von Milch-Separator u. Butterfaß durch Windmotor in Verbindung mit einem Hochreservoir u. kleiner Wasserturbine.

Der Betrieb von Separatoren und Butterfässern durch Windkraft.

Landwirtschaftliche Betriebe, welche die Milch selbst verbuttern, müssen Separator und Butterfaß entweder mit Göpel oder durch Arbeiter antreiben lassen, wenn ihnen keine andere Antriebskraft zur Verfügung steht.

Digitized by Google

Bei der Regelmäßigkeit, mit welcher diese Arbeit täglich in den gleichen Stunden ausgeführt werden muß, ist auch die Betätigung dieser leicht gehenden Maschinen oft

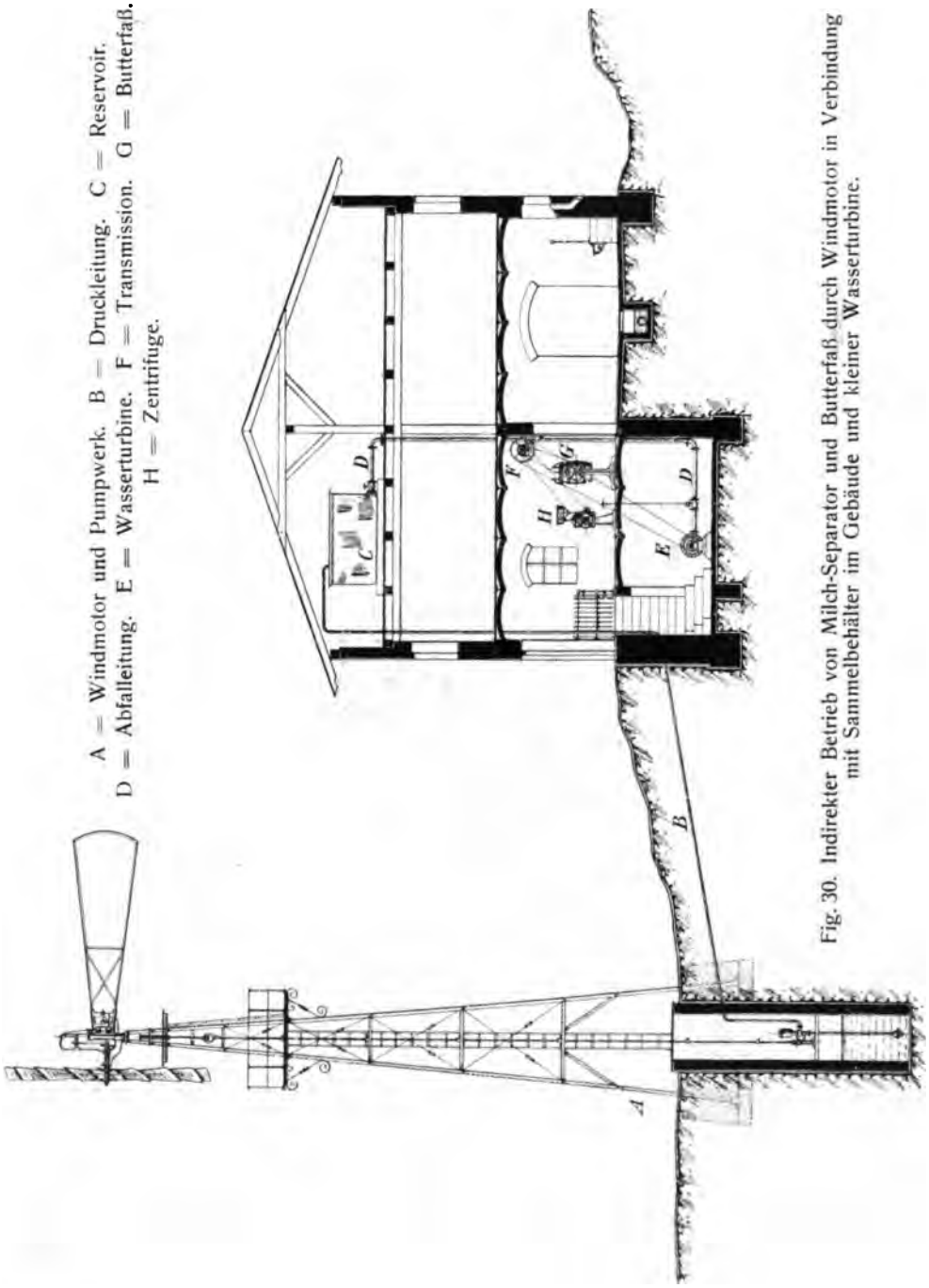


Fig. 30. Indirekter Betrieb von Milch-Separator und Butterfaß durch Windmotor in Verbindung mit Sammelbehälter im Gebäude und kleiner Wasserturbine.

recht lästig, besonders wenn Feldbestellung und Ernte tagelang jede Arbeitskraft unentbehrlich machen. Gerade in dieser Zeit würde eine Betriebskraft, die keinerlei Wartung beansprucht und jeder Zeit betriebsbereit ist, von großem Werte sein.

Digitized by Google

Auch für diese Leistung kann die Kraft des Windes ausgenutzt werden. Da jedoch bei der Unbeständigkeit des Windes ein direkter Betrieb von Zentrifuge und Butterfaß gänzlich ausgeschlossen ist, so muß man die Kraft des Windes aufspeichern und indirekt zur Wirkung bringen. Für die Äußerung von kleinen Kräften, wie sie Zentrifuge und Butterfaß auch nur erfordern, kann eine kleine Wasserturbine den in-

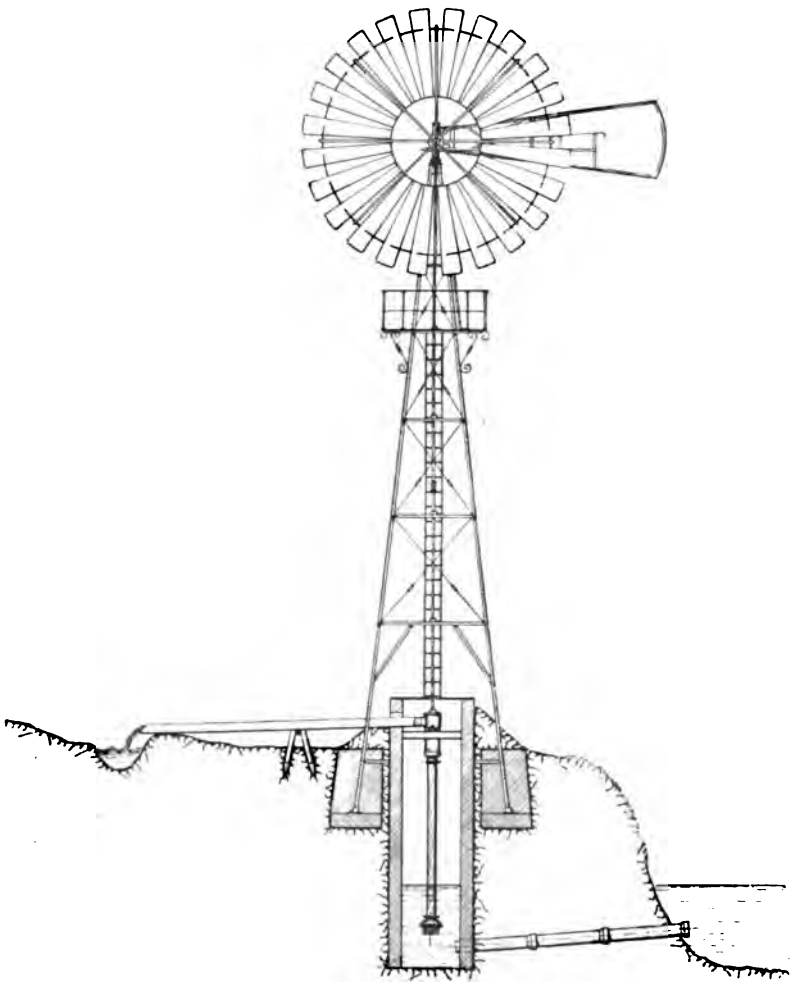


Fig. 31. Entwässerung von Ton-, Lehm- oder Kalkgruben mit einfacher Schöpfpumpe.

direkten Antrieb ausüben. Bei einer derartigen Anlage ist ein hochliegendes Wasserreservoir der Akkumulator, in dem der Windmotor seine Kraft, die er tagsüber entwickelt, in Form von Wasser aufspeichert.

Um für diese Anlagen eine Mindestdruckhöhe von 6 m zu erhalten, muß ein Reservoir entweder im Dachgeschoß eines hochliegenden Gebäudes aufgestellt, Fig. 30, oder auf einer Anhöhe in der Nähe des Wirtschaftsgebäudes errichtet werden, Fig. 29. Je größer die Gefällhöhe bzw. Druckhöhe für die im Keller aufgestellte Wasserturbine ist, desto geringer ist der Wasserverbrauch und desto größer die Kapazität des Wasserreservoirs.

Bei der kleinsten reinen Druckhöhe von 6 Meter beträgt der Wasserverbrauch für eine ununterbrochene Betriebszeit von einer halben Stunde 4000 bis 5000 Liter.

Digitized by Google

Ist das Wasser aus einem nicht zu tiefen Brunnen oder Quell zu heben, so würde eine verhältnismäßig kleine Windmotorenpumpanlage in Verbindung mit einem genügend großen Wasserreservoir ausreichen, um den äußerst bequemen Betrieb des Separators und des Butterfasses mittels der Wasserturbine zu ermöglichen.

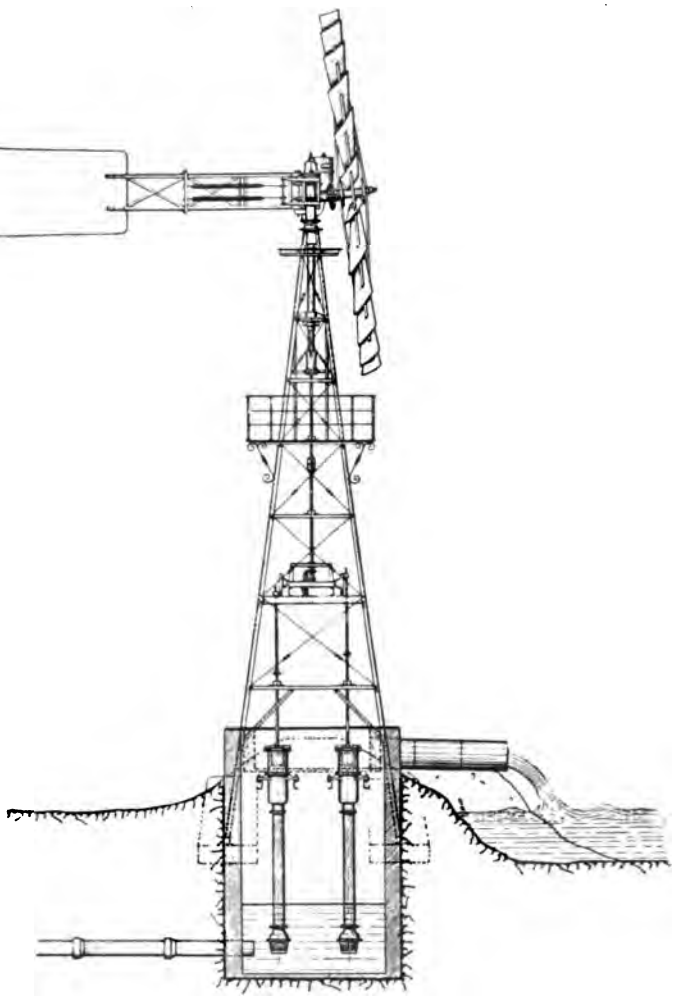


Fig. 32. Entwässerungsanlage mit doppelter Schöpfpumpe für größere Fördermengen.

Acker- und Wiesenverbesserungen (Meliorationen) mittels der Windmotoren.

Außer zum Betriebe landwirtschaftlicher Maschinen leistet die Windkraft der Landwirtschaft bei der Melioration große Dienste. Die Trockenhaltung großer Landflächen, sowie die Berieselung trockener Wiesen und Äcker ist in vielen Fällen nur durch eine billige Betriebskraft möglich, die so gut wie keine Wartung nötig macht. Die nassen Wiesen und Äcker, welche meist in der Niederung liegen, oder als Küstenland der Vorflut abgewonnen wurden, sind ganz wertlos, solange sie einen Überschuß an Feuchtigkeit haben. Letzteren zu beseitigen ist nur mit mechanischen Pumpwerken möglich, da das Wasser meist über Dämme gehoben und der Vorflut wieder zugeführt werden muß.

Ist bei Wiesen, welche in der Niederung liegen, nur Oberflächenwasser nach Niederschlägen zu beseitigen, so genügt für derartige Zwecke eine sogenannte

Digitized by Google

Schöpfpumpe, Fig. 31, welche bis zu 5 Meter Saughöhe das Wasser aus dem Pumpenzylinder frei in eine Rinne auslaufen läßt. Durch Kombination mehrerer solcher Pumpen lassen sich bei kleineren Förderhöhen bis 100000 Liter stündlich fördern, Fig. 32.

Für größere Fördermengen bis 500000 Liter pro Stunde kommen bei Hubhöhen bis zu 3 Meter die sogenannten Wasserschnecken zur Anwendung, Fig. 33. Letztere sind, in Stahlblech ausgeführt, die einfachsten und dauerhaftesten Pumpvorrichtungen für derartige Zwecke. Der Betrieb der Schöpfpumpen sowie auch der Wasserschnecken mit Windmotoren gestaltet sich stets dadurch günstig, daß besonders im Frühjahr bei der Schneeschmelze und nach häufigen Niederschlägen windreiche Tage eintreten, so daß schon nach einigen Wochen das Pumpwerk zeitweise abgestellt werden kann.

Der Betrieb jeder anderen Kraftanlage für derartige Zwecke, besonders der Wärmemotoren, verursacht doppelte Kosten dadurch, daß sich die Pumpenanlagen unmittelbar bei den von menschlichen Wohnungen weit abgelegenen Äckern und Wiesen befinden müssen, wodurch die Anfuhr von Brennstoff und zweckentsprechende Bedienung sehr erschwert bzw. verteuert wird. Plötzlich eintretender größerer Wasserandrang kann von dem entfernt wohnenden Wärter nicht jederzeit wahrgenommen werden, so daß die Pumpen oft zu spät in Tätigkeit treten und dann Tag und Nacht unter sachkundiger Bedienung arbeiten müssen.

Die Einfachheit dieser Betriebe mit Windmotoren, welche, mit selbsttätigen

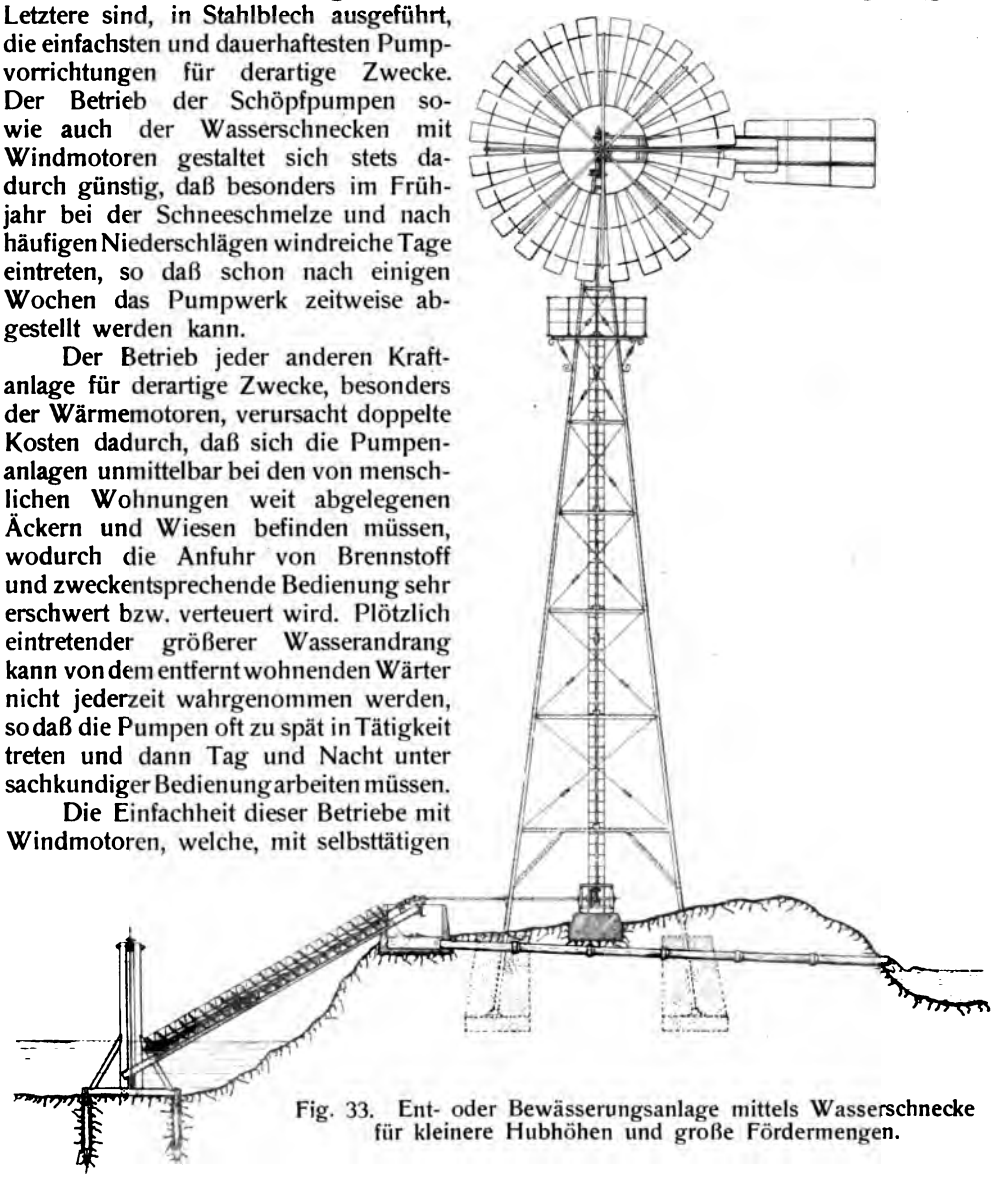


Fig. 33. Ent- oder Bewässerungsanlage mittels Wasserschnecke für kleinere Hubhöhen und große Fördermengen.

Regulierungen ausgestattet, sich tage- und wochenlang selbst überlassen bleiben und schon bei mäßigem Wind Tag und Nacht ohne jede Aufsicht arbeiten, ist schon seit einigen Jahren von den Königlichen Meliorationsbauämtern erkannt und gewürdigt worden. Auf Veranlassung dieser Behörden sind bereits eine große Anzahl derartiger Anlagen an der Nord- und Ostsee, am kurischen Haff und auch auf dem Binnenlande ausgeführt worden, nachdem die Vorteile dieser Betriebe und die große Rentabilität durch eingehende Versuche einwandfrei festgestellt werden konnte.

Digitized by Google

Sechstes Kapitel.

Wind-Elektrizitätswerke.

Die nutzbarste Form aller Naturkräfte besitzt die elektrische Energie. Nur durch Umlegen eines Hebels oder Schalters kommt sie in irgend einer Form zur Geltung und läßt sich als Licht, als bewegende Kraft, als Wärme oder als chemische Energie nutzbar machen. Vermöge dieser Eigenschaften ist ihre Verwendung eine sehr vielseitige, weshalb auch in den letzten Jahrzehnten unzählige Einrichtungen zur Erzeugung von Elektrizität geschaffen worden sind.

Die in einem früheren Kapitel besprochene Beschränkung der Verbreitung des elektrischen Stroms von einer Zentrale bis zu jeder Entfernung ist die Ursache, daß viele Dörfer, Schlösser, Güter, Villen und Einzelgehöfte den Vorzug der elektrischen Beleuchtung nicht haben können. Von einzelnen Gemeinden sind zwar kleinere Elektrizitätswerke gebaut worden, doch war bei diesen wohl meist die vorhandene Wasserkraft die Veranlassung dazu. Der Betrieb kleiner Anlagen mit Wärmemotoren gestaltet sich durch den ungünstigen Nutzeffekt der Maschinen und die kostspielige Unterhaltung eines geschulten Wärters meist so ungünstig, daß von einer Rentabilität keine Rede sein kann. Das Licht ist teuer und schließlich auch durch Vernachlässigung des Werkes, welches keinen Nutzen abwirft, schlecht.

Fig. 34. Stahlwindmotor für Maschinenbetrieb.

Die Möglichkeit, derartige kleine Anlagen auf die Basis einer dauernden Brauchbarkeit und guten Verzinsung zu bringen, ist durch den modernen Windmotor, welcher präzis wirkende selbsttätige Reguliervorrichtungen für Windrichtung und Windstärke besitzt, gegeben.

Die Umsetzung der Windkraft in elektrische Energie ist durchaus keine neue Erfindung. Die Elektrotechnik, in dem Bestreben, billige Betriebskräfte zur Erzeugung von Elektrizität zu erhalten, hat schon vor vielen Jahren Veranlassung zu Versuchen gegeben, die teilweise ohne Erfolg eingestellt wurden und teilweise mit halbwegs befriedigenden Resultaten abschlossen.

Digitized by Google

Die Unbeständigkeit des Windes und die damit zusammenhängenden erheblichen Tourenschwankungen selbst gut regulierender Windmotoren einerseits und die äußerst empfindlichen Dynamomaschinen, welche den Strom nur bei Einhaltung gleichmäßiger Spannung abgeben konnten, andrerseits, machten komplizierte Vorrichtungen und Apparate notwendig, die als Zwischenglieder einen Ausgleich zwischen Windkraftdynamo und Akkumulatorenbatterie herstellen sollten.

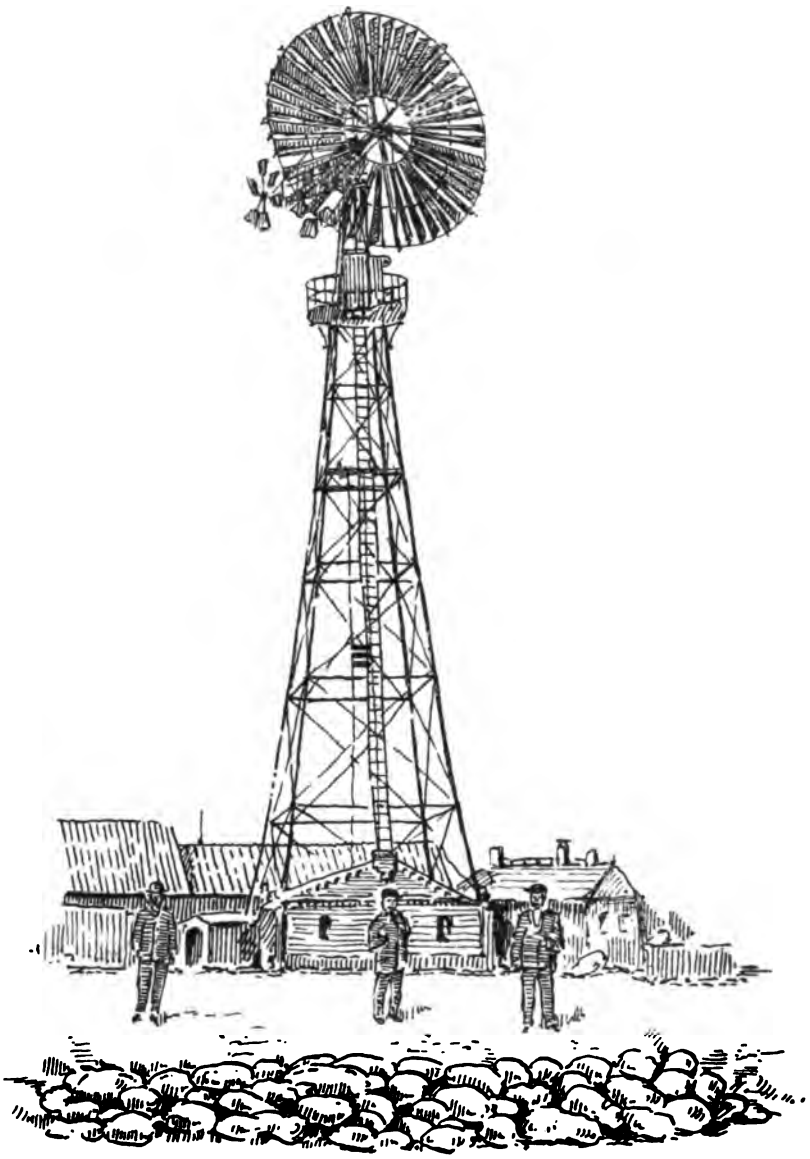


Fig. 35. Leuchtturm in Büsum (Holstein). Elektrizitätserzeugung nach System Gehre.

Zur Lösung dieser Aufgabe entstanden eine Anzahl verschiedener Systeme, doch nur einige konnten der großen Kosten wegen, welche derartige Versuche verursachen, ausgeführt werden.

Digitized by Google

Ingenieur Gustav Conz (Hamburg) hatte eine Vorrichtung konstruiert, welche gestattete, Wind von einer mittleren bestimmten Geschwindigkeit an aufwärts auszunutzen und die Tourenschwankungen durch die Spannung der gewonnenen Elektrizität rückwirkend auszugleichen.

Die Erfindung des Ingenieurs Max Gehre bezweckte im Gegensatz dazu, jeden nutzbaren Wind von dem Motor aufnehmen und in Arbeit umsetzen zu lassen. Das eigenartige dieser Vorrichtung ist die Ansammlung der jeweilig von dem Windmotor geleisteten Kraft durch Gewichte. Diese werden von dem Windmotor bei kleinem Winde langsam, bei größerem schneller, bis auf eine bestimmte Höhe gehoben und an der Hubgrenze automatisch ausgelöst, so daß sie, von Galleschen Ge-

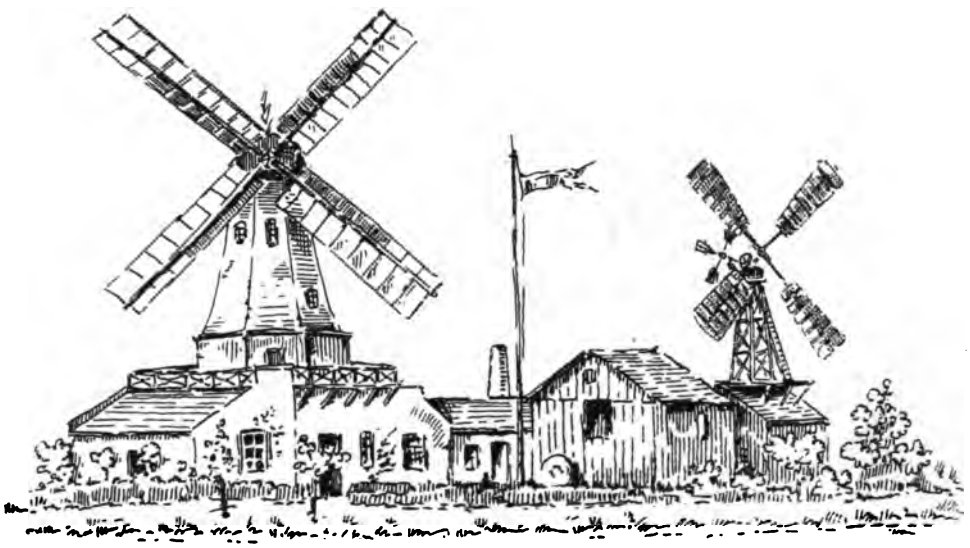


Fig. 36. Staatliche Versuchsmühle in Askov (Dänemark).

lenkketten geführt, letztere mit einer ganz bestimmten Geschwindigkeit und stets gleichen Kraft nach unten ziehen und die von den Ketten umspannten Rollen in Bewegung setzen. Mit geeigneten Übersetzungen werden die Bewegungen von stets gleich bleibender Geschwindigkeit und Kraft auf die Dynamomaschine übertragen. Weitere Hilfsvorrichtungen sind bei dieser Anordnung nicht notwendig.

Von verschiedenen Anlagen, welche nach dem System ausgeführt wurden, befindet sich eine zur Erzeugung von Blinklicht eines Leuchtturms in Büsum in Holstein, Fig. 35.

Versuche in weit größerem Umfange hat der Professor Paul la Cour, Dozent an der Hochschule zu Askov in Dänemark angestellt. La Cour, welcher sich jahrelang der Aufgabe widmete, die Windkraft im Dienste landwirtschaftlicher und gewerblicher Tätigkeit zu untersuchen, erhielt von 1891 ab durch Finanzgesetz namhafte Mittel zur Durchführung seiner Versuche bewilligt. Es wurde 1897 in Askov eine Versuchsmühle nach alter schwerfälliger Bauart errichtet und mit einem Laboratorium zur sorgfältigen Untersuchung und Beobachtung aller Vorgänge bei der Umsetzung der Windkraft in Elektrizität verbunden. Tatsächlich haben die von la Cour auf einer streng wissenschaftlichen Basis durchgeführten Versuche den Erfolg, daß die Windkraft zur Erzeugung von Elektrizität eine größere Verbreitung gefunden hat. Bereits im Jahre 1905 waren in Dänemark etwa 60 Anlagen nach la Cour — meist in landwirtschaftlichen Betrieben — vorhanden. Die Ausnutzung der la Courschen Erfindung ist für Deutschland der Firma Carl Reinsch (Dresden) übertragen, welche ebenfalls mehrere Anlagen ausgeführt hat.

Digitized by Google

Das System la Cour oder auch die davon abgeleiteten Ausführungsarten beweisen zunächst, daß man mit den schlechten Windeigenschaften und großen Tourenschwankungen gerechnet hat, da ja tatsächlich die Versuche mit sogenannten Holländer Windmühlen ausgeführt wurden. Die hiergegen angewandten Hilfsmittel bestehen darin, daß man die Vorgelege-Riemenscheiben an einem mit veränderlichem Belastungs-

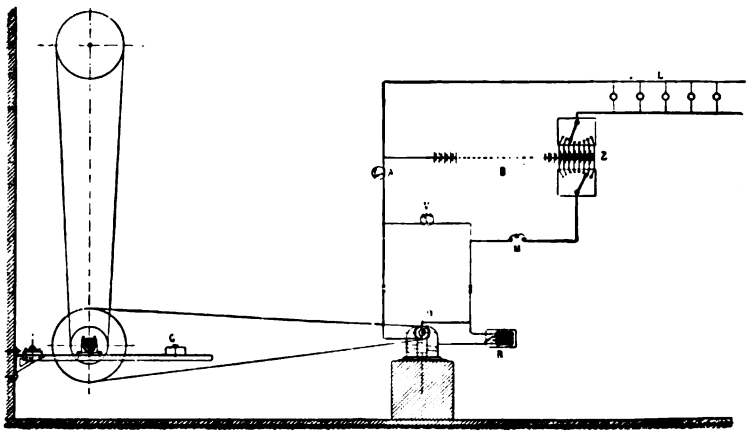


Fig. 37. Gleitvorgelege und Schaltungsschema nach Professor la Cour.

gewicht versehenen beweglichen Arm lagert, um die resultierende Riemenspannung möglichst konstant zu halten, welche dabei von der Last der Treibriemenscheibe und des erwähnten Belastungsgewichts abhängig ist, Fig. 37. Nimmt das Windrad bei Sturm eine zu große Geschwindigkeit an, dann soll die übertragene Umfangskraft einen gewissen Wert nicht übersteigen, sondern der Kraftüberschuß soll durch Gleiten des Riemens aufgehoben bzw. vernichtet werden.

Fig. 38. Automat nach Professor la Cour.

Einrichtungen von gleicher Wirkung sind die sogenannten Friktionsbremsen und Friktionskupplungen, welche in verschiedenen Ausführungen bekannt sind.

Die bei allen Windkraftanlagen unbedingt erforderliche Akkumulatorenbatterie dient gewissermaßen selbst als Reguliervorrichtung, da sie die ungleichmäßig von der

Digitized by Google

Dynamomaschine abgegebenen Strommengen aufzunehmen hat und ganz gleichmäßig als Licht- oder Krafterscheinung wieder abgibt. Die Empfindlichkeit der Batterie gegen große Spannungsschwankungen macht aber Reguliervorrichtungen notwendig, welche bei Maximal- und Minimal-Stromspannungen, die durch Unregelmäßigkeit des Windes eintreten, selbsttätig zur Wirkung kommen. Andererseits sollen diese vermeiden, daß bei vorgeschrittener Ladung der Batterie eine Rückwirkung des Stromes — letzterer mit höherer Spannung — auf die zeitweise langsam laufende und Strom von geringer Spannung erzeugende Dynamomaschine eintreten kann, Fig 40.

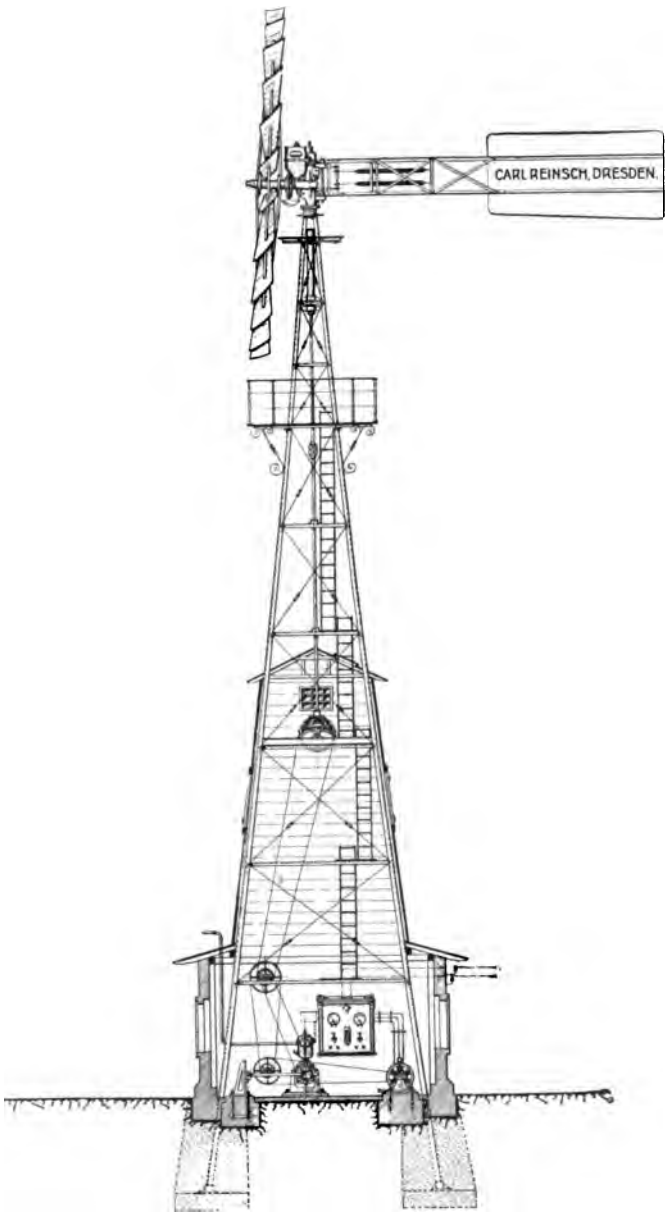


Fig. 39. Windelektrizitätswerk nach Professor la Cour (Askov).

Die von la Cour für diesen Zweck konstruierten und absolut sicher wirkenden Apparate sind automatisch wirkende Ein- und Ausschalter, die man mit Automat bezeichnet, Fig. 38.

Wind-Elektrizitätswerke nach Prof. la Cour.

Die nach dem System la Cour ausgeführten Wind-Elektrizitätswerke besitzen demnach:

1. mechanische Regulierung der Tourenzahl.
2. Automaten neben guten aperiodischen Messinginstrumenten am Schaltbrett
3. genügend große Akkumulatorenbatterie, deren Kapazität dem 4—5fachen Tagesbedarf entspricht.

Neben diesen Apparaten muß irgend eine Reservekraft vorhanden sein, um nach der Aufstellung die Akkumulatorenbatterie in einem ununterbrochenen, fast 40 Stunden anhaltenden Betriebe laden zu können. Ferner muß die Reservekraft stets zur Verfügung stehen, so daß im ungünstigsten Falle, wenn gerade einmal in windstiller Zeit viel Strom entnommen wird, der Akkumulator nachgeladen werden kann. Es ist das im Interesse der Haltbarkeit der Akkumulatorenbatterie erforderlich,

Digitized by Google

da diese an Aufnahmefähigkeit verliert, sobald die Entladung bis unter eine bestimmte Grenze erfolgen würde.

Ist eine Kraft vorhanden, eventuell Dampfmaschine oder Motor in der Molkerei oder Brennerei, fahrbare Lokomobile, Benzinmotor usw., so sind gleich von vornherein Vorkehrungen zu treffen, daß diese zeitweise den Betrieb der Dynamomaschine bewirken können.

Bei gänzlichem Fehlen einer derartigen Reservekraft, welche je nach der Windlage mehr oder weniger in Anspruch genommen wird, kann bei kleinen Anlagen ein Schwungrad auf Drehgestell, welches von einem Arbeiter gedreht wird, aushelfen. Bei größeren Anlagen, welche mehr Kraft erfordern, wird ein zweispänniger Göpel oft genügen, um in vereinzelten Fällen einige Stunden hintereinander die Batterie zu speisen. Vorteilhafter ist es jedoch, bei der Errichtung von Wind-Elektrizitätswerken die Reservekraft als ein unbedingtes Erfordernis zu betrachten und einen besonderen Motor für diesen Zweck aufzustellen.

Die in den Motorfahrzeugen zu großer Vollkommenheit entwickelten schnelllaufenden Benzinmotoren, die auch in gleich leichter und handlicher Form für stationären Betrieb ausgeführt werden, sind für den Reservebetrieb sehr geeignet. Die kompendiöse Form der Motoren, die gegen Staub und

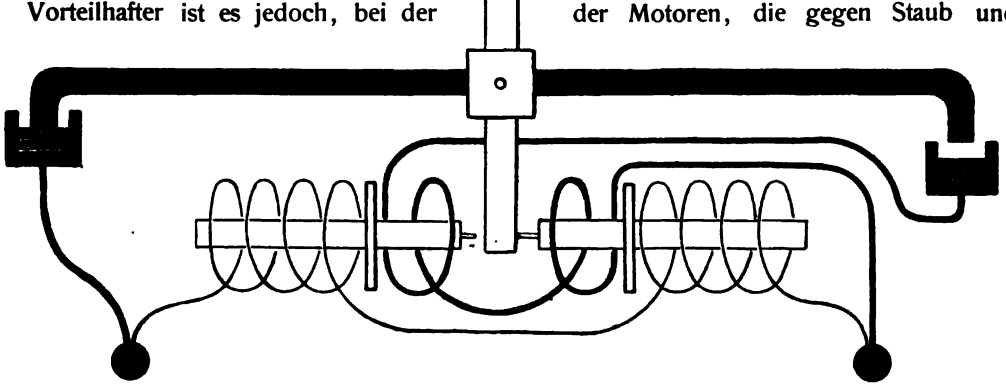


Fig. 40. Schematische Darstellung der Wirkung eines Automaten nach Professor la Cour.

Schmutz durch Einkapselung aller arbeitenden Teile vollkommen geschützt sind, gestattet eine sehr einfache Montage, auch eine leichte Veränderung der Standorte.

Die mit magnet-elektrischer Zündung ausgestatteten Motoren laufen auch nach monatelangem Stillstand wieder leicht an. Bei den mit Luft gekühlten kleinen Motoren ist die Gefahr des Zerfrierens gänzlich ausgeschlossen. Unvorteilhaft würde sich allerdings ein Dauerbetrieb mit derartigen Motoren gestalten, da außer den hohen Kosten an Benzin und Öl eine gewisse aufmerksame Wartung notwendig wäre. Außerdem würde bei andauernder Benutzung sehr bald ein schneller Verschleiß eintreten, der häufige Störungen und kostspielige Reparaturen veranlaßt.

Bei der vollkommenen Lösung der Aufgabe „Die Umsetzung der Windkraft in Elektrizität" muß es Wunder nehmen, daß noch verhältnismäßig wenig derartige Werke ausgeführt worden sind.

Der Grund ist zweifellos darin zu finden, daß die Anschaffungskosten derartiger Einrichtungen verhältnismäßig sehr hohe waren, so daß man die Bequemlichkeit und Annehmlichkeit des elektrischen Lichtes gegenüber anderen Beleuchtungsarten ziemlich teuer erkaufen mußte.

Trotzdem nun heute die Kosten im allgemeinen noch höhere geworden sind, lassen sich aus nachfolgenden Gründen derartige Beleuchtungsanlagen weit vorteilhafter ausführen, so daß eine schnellere Einführung unbedingt zu erwarten ist.

Digitized by Google

Der jahrelange Kampf zwischen der Gasbeleuchtung und elektrischen Beleuchtung in Städten war die Veranlassung, daß auf beiden Seiten eine Erfindung und Verbesserung nach der andern gemacht wurde, die alle den gleichen Zweck verfolgten, „den Preis der Beleuchtung zu verringern". Fast zu gleicher Zeit, als die Gastechnik eine neue Form der Gasbeleuchtung — das nach unten hängende Glühlicht „Invertlicht" — auf den Markt brachte, ist es auch der Elektrotechnik gelungen, Lampen herzustellen, die bei gleicher Leuchtkraft nicht höhere Betriebskosten verursachen. Die Nernst-Osmium- und Tantallampen bedeuten schon einen großen Fortschritt, da sie gegenüber der alten Kohlenfaden-Glühlampe große Ersparnisse an Strom hatten. Einen direkten Umschwung in der Beleuchtungsbranche veranlaßt aber zweifellos die „Osramlampe" (Metallfadenlampe), da sie nicht mehr als $^1/_3$ an Strom — gegenüber der Kohlefaden-Glühlampe — verbraucht, und dadurch die von dem billigen Gasglühlicht bisher arg bedrängte elektrische Glühlichtbeleuchtung wieder voll zur Geltung bringt.

Dieser Umstand kommt aber auch den kleineren Zentralen, ganz besonders den Wind-Elektrizitätswerken, bedeutend zu statten, da bei der Verwendung von Metallfadenlampen die Leistungsfähigkeit der Anlage dreimal so groß ist, bzw. mit $^1/_3$ großen Anlagen dasselbe erreicht wird, als bisher mit den Kohlefaden-Glühlampen.

Die Kapazität der Akkumulatorenbatterie ist demnach bei Anwendung von Metallfadenlampen

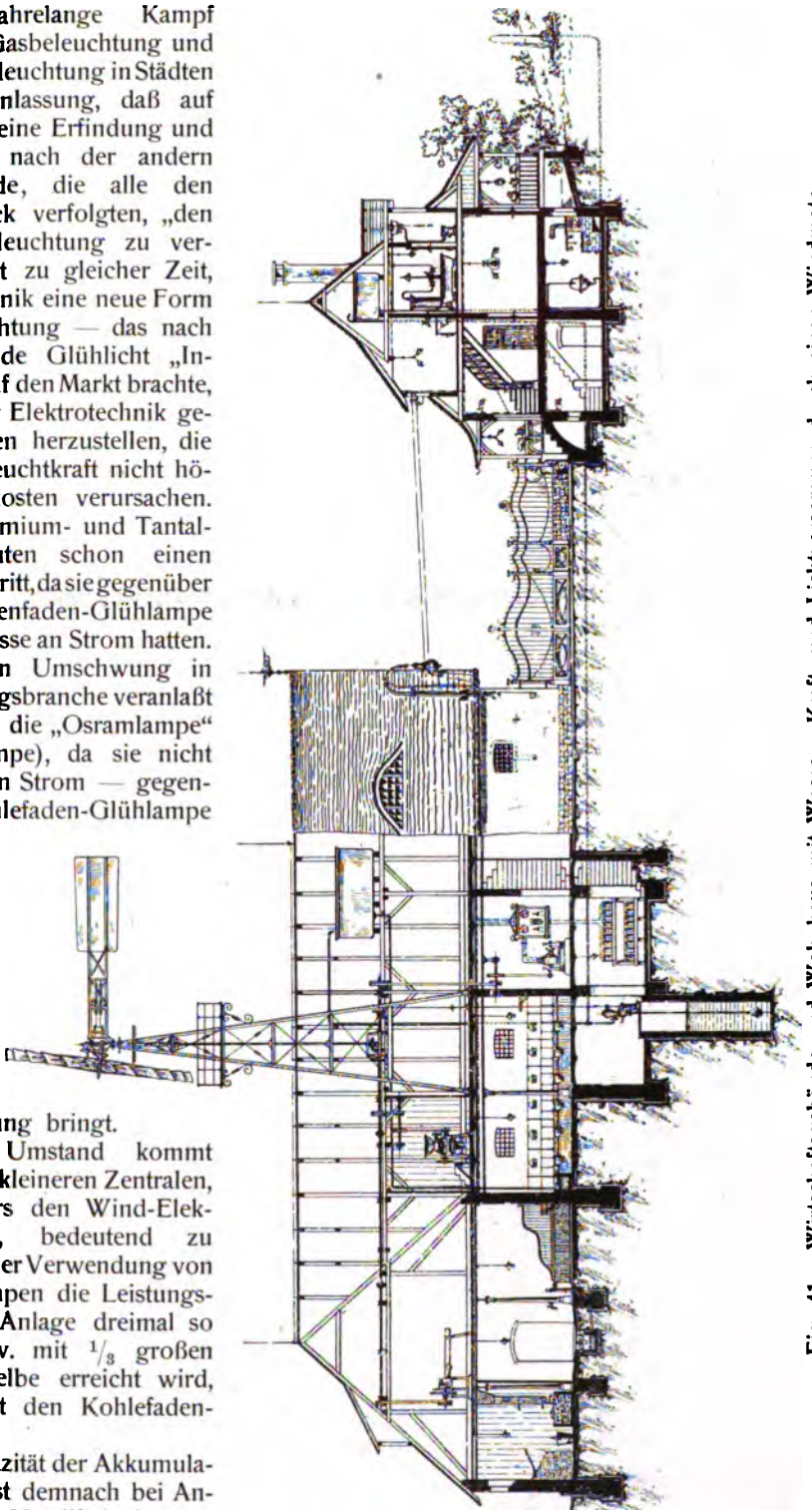


Fig. 41. Wirtschaftsgebäude und Wohnhaus mit Wasser-, Kraft- und Lichtversorgung durch einen Windmotor.

Digitized by Google

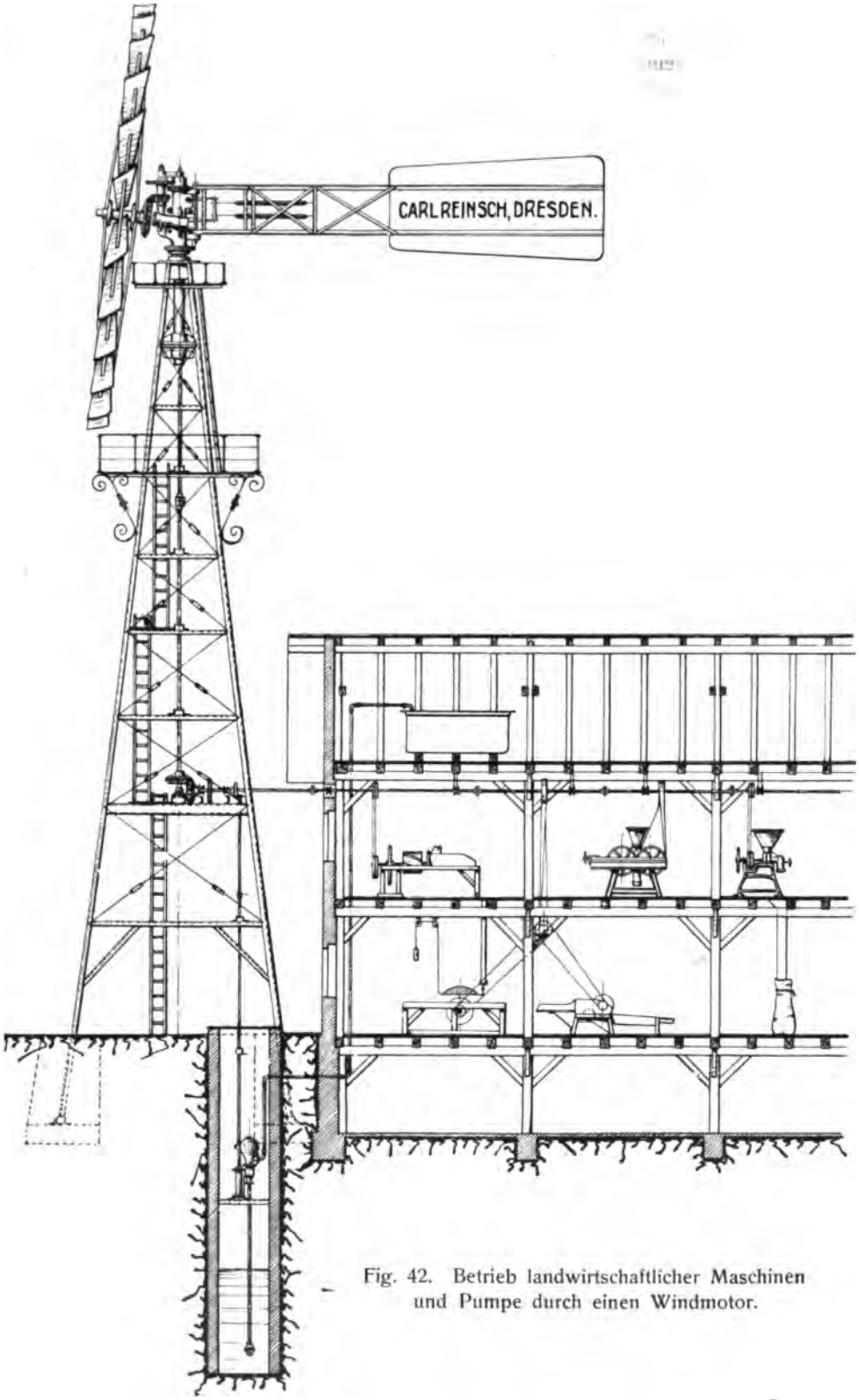


Fig. 42. Betrieb landwirtschaftlicher Maschinen und Pumpe durch einen Windmotor.

Digitized by Google

dreimal so groß als bei Kohlefaden-Glühlampen. Die Anlagekosten werden dadurch erheblich geringer, da auch die zum Betriebe der Dynamomaschinen erforderlichen Betriebskräfte kleiner sein können.

Wasser-, Kraft-, und Lichterzeugung auf einem Gute mittels Windmotor, Fig. 41.

In nachfolgender Kostenaufstellung ist eine komplette Windmotor-Anlage berechnet, welche zum Betriebe landwirtschaftlicher Maschinen und einer Pumpe dient und auch das elektrische Licht für einen Gutshof mittleren Umfangs zu erzeugen hat.

Es werden von dem Windmotor direkt angetrieben:

1 Häkselmaschine für etwa 200 kg Leistung . .
1 Schrotmühle für etwa 150 kg Feinschrot und } pro Stunde.
für etwa 300—400 „ Grobschrot . .
1 Pumpe, welche den täglichen Wasserbedarf von 10 cbm bei einer Gesamtförderhöhe von etwa 30 m leistet.

Für die Beleuchtung des Gutes sind folgende Lampen installiert:

Im Wohnhaus:

2 Stück im Korridor
1 „ in der Küche
1 „ im Schlafzimmer
1 „ im Kinderzimmer
2 „ im Wohnzimmer
2 „ im Eßzimmer

Für den Wirtschaftsbetrieb;

2 Stück im Hof
1 „ in der Futterkammer
2 „ im Pferdestall
6 „ im Viehstall

20 Osramlampen à 12 Kerzen.

Da nur einzelne Lampen zeitweise brennen, besonders im Pferde- und Viehstall beim Füttern und Melken nur immer eine oder zwei Lampen gebraucht werden, so genügt für diese Anlage eine Akkumulatorenbatterie, welche 16 Osramlampen à 12 Kerzen 10 Stunden ununterbrochen hintereinander speist, so daß diese mit einer Ladung etwa 3—4 Tage ausreichen würde.

Als Rerserveantrieb bei eintretender Windstille ist ein zweispänniger Göpel vorgesehen. Die Anschaffungskosten dieser Anlage sind in nachfolgender Kostenaufstellung für die komplette Windmotorenanlage, auch für die komplette Lichtanlage genau spezifiziert.

Kostenberechnung einer kompletten Windmotoren-Kraftanlage zum Betriebe landwirtschaftlicher Maschinen einer Pumpe und zur Erzeugung von elektrischem Licht.

1.	1 Stahl-Windmotor 7,5 Meter Flügelraddurchmesser	Mk. 2150.—
2.	1 schmiedeeiserner Turm 16 Meter Höhe über Erdoberfläche, mit 2 Podien, eiserner Steigleiter, Fußankerplatten usw. . . .	„ 2000.—
3.	1 Trägerlagerung im Turm	„ 180.—
4.	die komplette vertikale Welle im Turm inkl. Lager, Kupplungen, Stellringe, Spurlager und des unteren konischen Räderpaars	„ 340.—
5.	die komplette horizontale Welle vom Turm bis in den Speicher, bestehend aus einer Stahlwelle 6 Meter lang, Lagern, Mauerkasten, Wandkonsol, Stellringen und Befestigungsschrauben	„ 190.—
	Transport	Mk. 4860.—

Digitized by Google

	Transport	Mk. 4860.—
6. ein komplettes Zwischenvorgelege zum Betriebe einer Dynamomaschine, bestehend aus: 1 Stahlwelle 2500 lang, 2 Wandkonsolen mit Lagern, 2 Stellringen, Befestigungsschrauben, einer festen und losen Riemenscheibe nebst Ausrückern, 2 Übertragungs-Riemenscheiben	„	220.—
7. Emballage	„	30.—
8. Montage	„	250.—
	Mk.	5360.—

Die komplette elektrische Beleuchtungsanlage einschließlich Dynamomaschine, Schaltbrett, Akkumulatorenbatterie, der Beleuchtungskörper und Installation ist wie folgt berechnet:

Kostenberechnung einer kompletten Lichtanlage für die Beleuchtung eines Gutshofes mittlerer Größe.

1. 1 Gleichstromdynamo modernster Bauart mit Ringschmierung, Kohlenbürsten und geschlossener Bauart, den eigenartigen Betriebsverhältnissen entprechend gewickelt. Normalleistung: 200 Watt bei 16 bis 25 Volt Spannung; Kraftbedarf: 0,2 bis 0,5 PS komplett mit Fundamentschlitten zum Spannen des Riemens;		
2. 1 Schalttafel aus weißem Marmor mit polierten Kanten etwa 400/600 mit folgenden Apparaten; 1 Voltmeter bis 25 Volt zeigend 1 Ampèremeter bis 15 Ampère zeigend 1 Voltmeterausschalter für 3 Stromkreise 1 Ausschalter 1 Sicherung 1 Doppelzellenschalter 1 Regulierwiderstand 1 Automat nebst sämtlichen Anschlüssen, Isolierungen u. Verbindungen.		
3. 1 komplette Akkumulatorenbatterie, bestehen aus 9 Zellen in Glasgefäßen mit einer Leistung von 110 Ampèrestunden bei 10stündiger Entladung, komplett mit Füllsäure, Mischglas, Säuremesser und Holzgestell	Mk.	1000.—
4. Die Lichtleitungen, Beleuchtungskörper und Montage	„	500.—
5. Emballage	„	40.—
	Mk.	1540.—

Der Reserveantrieb:

1 kompletter Göpel — zweispännig - leichte Ausführung	Mk.	250.—

Betriebskosten-Berechnung der Windmotoren-Kraftanlage.

Anlagekapital:

1. 1 Windmotor 7,5 ø komplett mit allen Transmissionen	Mk.	2900.—
2. 1 schmiedeeiserner Turm, Trägerlagerung und Montage, Emballage	„	2460.—
3. Fundamente, Maurerarbeiten, diverses	„	240.—
	Mk.	5600.—

Digitized by Google

Die Unterhaltungskosten: Verzinsung des Anlagekapitals, Amortisation, Instandhaltung für Motor und Transmission 15% von 2900.— . . . . . Mk. 435.—
„ Turm, Montage usw. 10% „ 2700.— . . . . . „ 270.—
„ Öl, Putzwolle, konsist. Fett . . . . . „ 45.—
Bedienung einschließlich der elektrischen Anlage . . . . . „ 150.—
Mk. 900.—

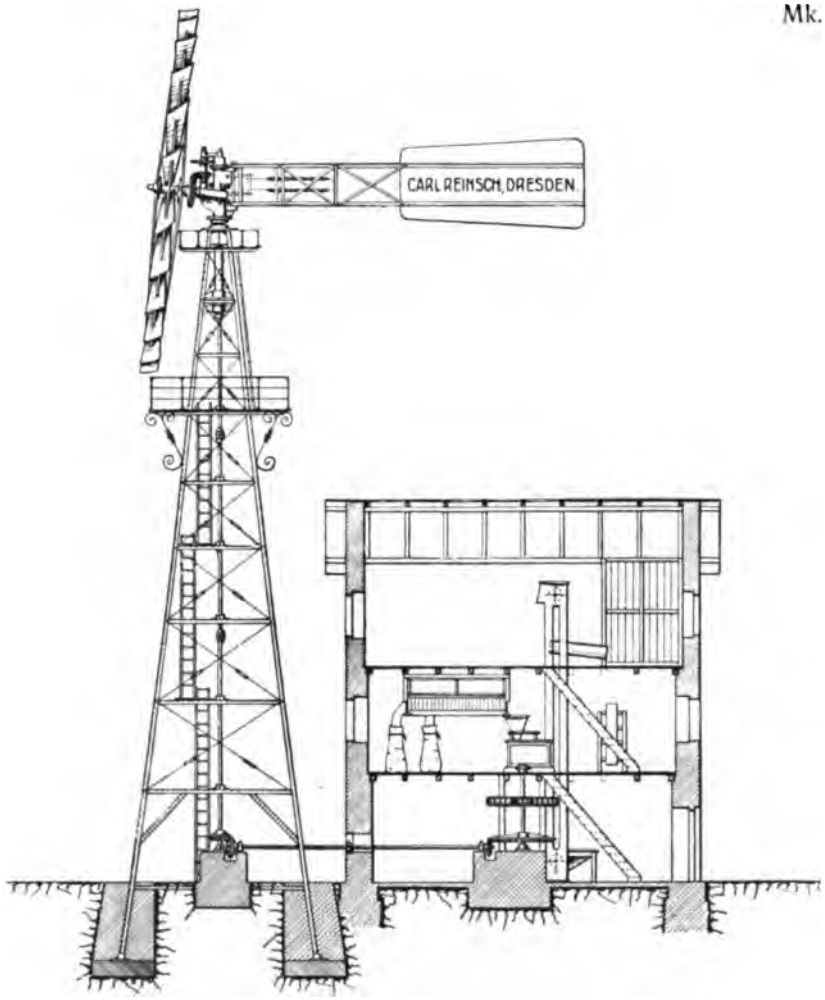


Fig. 43. Mühlenbetrieb mit Stahlwindmotor.

Werden die von dem Motor geleisteten Arbeiten: Häckselschneiden, Futterschneiden, Schroten, Wasserpumpen usw. mit dem Göpel ausgeführt, so muß ein Pferd ununterbrochen beschäftigt sein, so daß bei 1,50 Mk. Futterkosten pro Tag folgende Ausgaben pro Jahr min. zu rechnen sind:
Anlagekapital Pferd und Göpel 10% von 650.— . . . . . Mk. 65.—
1 Pferd an 365 Tagen ununterbrochen oder
2 Pferde „ 365 „ je 1/2 Tag = 365 · 1.50 = ... „ 550.—
Bedienung des Göpels durch einen Arbeiter pro Jahr . . . . . „ 650.—
Öl, konsist. Fett, Reparaturen usw. . . . . „ 50.—
Mk. 1315.—

Es würde demnach schon bei geringster Ausnutzung der Windmotoranlage eine bemerkbare Ersparnis zu verzeichnen sein.

Digitized by Google

Betriebskosten-Berechnung der elektrischen Beleuchtungsanlage.

Anlagekapital:

1.	1 Dynamomaschine, 1 Schalttafel mit allen Apparaten, 1 Akkumulatorenbatterie	Mk. 1000.—
2.	Installation und Lieferung der Leitungen, Sicherungen und der Beleuchtungskörper nebst Emballage	„ 540.—
		Mk. 1540.—
Die Unterhaltungskosten: Verzinsung des Anlagekapitals, Amortisation und Instandhaltung, Lampenersatz 15% von 1540.— . .		Mk. 231.—
Öl, Putzwolle usw.		„ 20.—
		pro Jahr Mk. 251.—

$$\text{pro Tag } \frac{251}{365} = 0{,}69 \text{ Mk.}$$

Brennen von den installierten Lampen durchschnittlich täglich 5 Stück à 12 Kerzen 10 Stunden hintereinander, so werden jährlich $5 \cdot 10 \cdot 365 = 18250$ Brennstunden à 12 Kerzen erforderlich.

Dieselbe Lichtstärke, mit guten Petroleumlampen erzeugt, kostet bei einem Petroleumpreis von Mk. 0,21 per kg und bei einem Petroleumverbrauch pro Kerze — der mittleren unteren (hemisphärischen) Lichtstärke — von mindestens 5 gr.

$$\frac{18250 \cdot 12 \cdot 0{,}21}{20} = 229{,}95 \text{ Mk.}$$

dazu Reparaturen — Zylinder — Streichhölzer, Stearinkerzen pro Jahr	20,— Mk.
	249,95 Mk.

$$\text{pro Tag} = \frac{249{,}95}{365} = 0{,}68 \text{ Mk.}$$

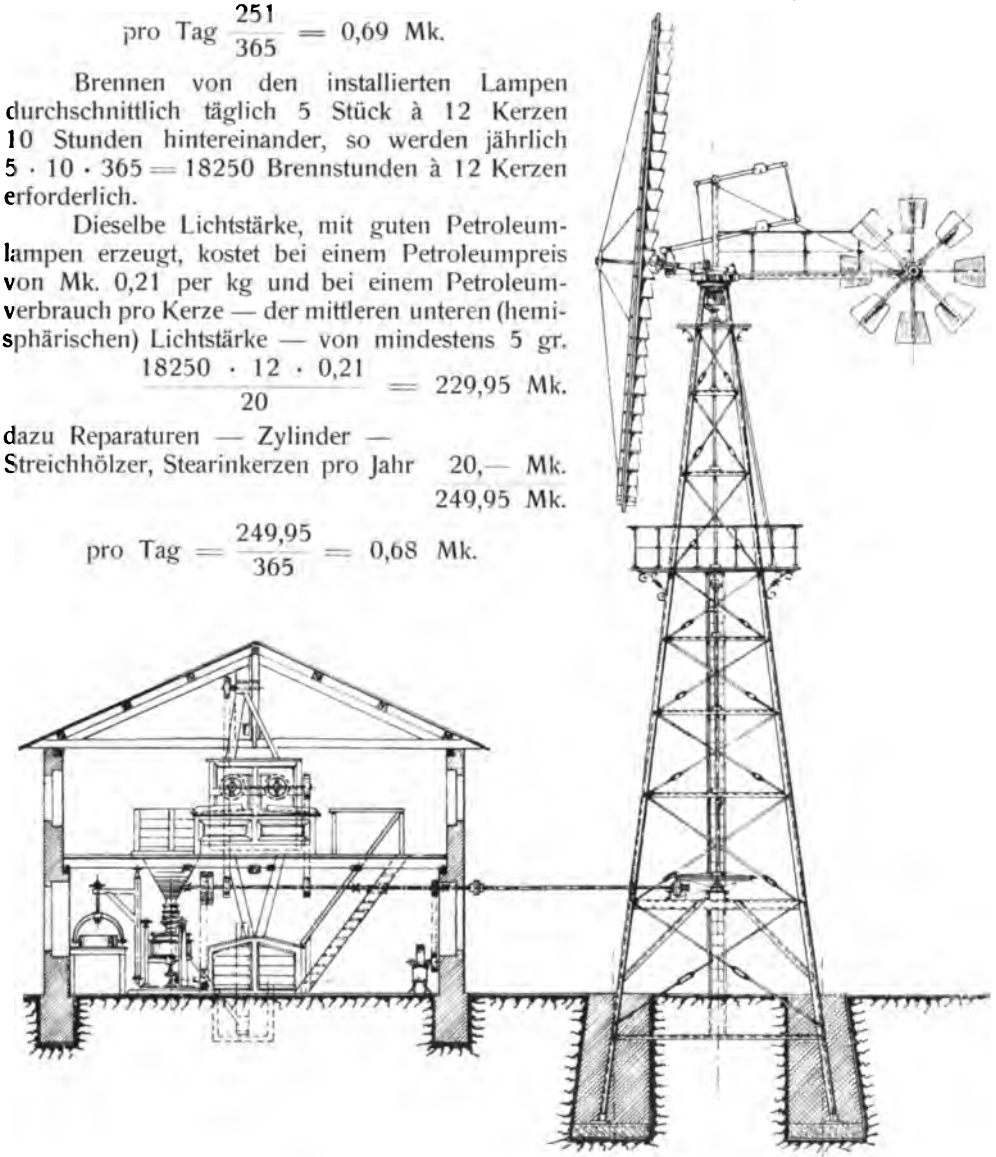


Fig. 44. Betrieb einer Mahlmühle mit Windmotor.

Digitized by Google

Die Petroleumbeleuchtung hat demnach der elektrischen gegenüber nicht einmal nennenswerte pekuniäre Vorteile, außerdem verursachen bei ersterer Instandhalten, Reinigen und Füllen der Lampen unangenehme und zeitraubende Arbeiten.

Die größere Sicherheit der elektrischen Beleuchtung gegen Feuersgefahr darf auch nicht unberücksichtigt bleiben, da auch in vielen Fällen diese Einrichtung eine Ermäßigung der Versicherungsprämie nach sich zieht.

Aber nicht allein die Art der Beleuchtung darf entscheidend sein, man muß auch die Qualität und die Annehmlichkeit des Lichtes bewerten.

Die Bequemlichkeiten und angenehmen Einrichtungen, die heute selbst jede kleinere Stadt den Einwohnern bietet, sollten unbedingt auf Gütern und Landsitzen vorzufinden sein. Gerade die Abgeschlossenheit von den Abwechslungen der Stadt sollte veranlassen, daß jeder Besitzer eines landwirtschaftlichen Betriebes oder Landhauses sich Vorteile und Bequemlichkeiten verschafft durch selbsttätige Wasser-, Licht- und Kraftversorgung, die der moderne Windmotor überall veranlaßt.

Den vorstehenden Ausführungen wurden Anlagen zugrunde gelegt, welche technisch vollkommen durchgearbeitet und ausgeführt waren. Natürlich kann nur dann eine befriedigende Leistung von einer Anlage erwartet werden, wenn diese zweckentsprechend ausgeführt ist. Die „Stahlwindmotoren" eignen sich vorzugsweise zur Betätigung der Pumpen. Bei diesen sind die Steuerungsorgane für Windrichtung und Windstärke sehr einfach. Die Regulierung beruht darauf, daß die Fahne (Fig. 34), welche das Windrad stets senkrecht zum Winde hält, nach einer Seite pendelnd angeordnet ist. Die Fahne wird in ihrer senkrechten Stellung zu dem Rade durch Spiralfedern gehalten, deren Spannkraft in einem bestimmten Verhältnis zu der Fläche der Fahne steht. Bei zunehmender Windstärke überwindet der Winddruck die Spannkraft der Federn, zwingt diese zur Ausdehnung und bewirkt dadurch ein seitliches Ausweichen der Fahne d. h. eine veränderte Lage in einem kleineren Winkel zum Flügelrade. Durch diese veränderte Lage der Fahne zum Rade wird letzteres teilweise aus der Windrichtung herausgedreht, so daß der Wind nun nicht mehr die volle Radfläche treffen kann, also einen verminderten Flächeninhalt zum Angriff hat. Läßt der Winddruck nach, so geht die Fahne wieder in ihre alte Lage zurück, das Rad folgt langsam, in dieser Bewegung noch durch eine kleinere Seitenfahne unterstützt, und der Wind erhält wieder die volle Kreisfläche des Rades als Angriffsfläche. Die bei Veränderung von Windrichtung und Stärke eintretenden Übergangsperioden können von den Steuerungsorganen nicht vollkommen ausgeglichen werden, wodurch der Gleichförmigkeitsgrad der auf diese Weise gesteuerten Räder kein günstiger ist, was bei Pumpenbetrieb und einzelnen landwirtschaftlichen Maschinen durchaus nicht nachteilig wirkt.

Bei größeren Rädern über 10 Meter Durchmesser, auch bei Anwendung kleinerer Windmotoren, für Betriebe, die einen möglichst großen Gleichförmigkeitsgrad voraussetzen, genügt der vorstehend beschriebene Reguliermechanismus nicht. Fast alle Mechanismen, welche eine präzisere Regulierung bewirken sollen, beruhen darin, daß man die einzelnen Flügel dem Angriff des Windes entzieht.

Die bekanntesten dieser Motoren sind die Reinsch-Motoren (Fig. 6). Die Steuerung dieser Räder nach der Windrichtung wird durch 2 Windrosen bewirkt, welche das Flügelrad stets in die Windrichtung drehen, also im Gegensatz zu dem Stahlwindmotor ersteren konstant in der Windrichtung erhalten. Bei zunehmender Windstärke werden die einzelnen Flügel, welche um ihre Achse drehbar sind und von einem Zentrifugalregulator verstellt werden, in die Windrichtung gedreht, so daß die Angriffsfläche des ganzen Rades vermindert wird. Die kurze Bewegung, die nur der einzelne Flügel zu machen hat, um eine Regulierung herbeizuführen, veranlaßt aber, daß letztere exakter erfolgt, wodurch auch der Gleichförmigkeitsgrad selbst bei großen Windschwankungen ein vollkommenerer ist.

Die Einfachheit der Stahlmotoren in der Ausführung ist unverkennbar, während die jalousieartig beweglichen Flügel der Reinsch-Motoren einen komplizierteren Mecha-

Digitized by Google

nismus erfordern, der bei guter Ausführung auch höhere Herstellungskosten veranlaßt. Der natürliche Verschleiß der beweglichen Teile beider Systeme wird dadurch vermindert, daß Stahlkugellager angeordnet und die einzelnen Teile von Stahlguß ausgeführt werden.

Die Anordnung von Zentralschmierungen bei beiden Systemen macht nur ganz geringe Bedienung erforderlich, so daß die Gleichwertigkeit beider Systeme, ihren verschiedenen Bestimmungen entsprechend, ersichtlich ist.

ANHANG.

Tabelle I.

Wasserbedarf für private, öffentliche und gewerbliche Zwecke.

Gebrauchswasser in Wohnhäusern pro Kopf und Tag der Bewohner, zum Kochen, Trinken, zur Wäsche usw.	20—30	Ltr.
Eine Klosettspülung	10—15	„
Pissoirspülung, kontinuierl. für den lfd. Meter Spülrohr und pro Stunde	200	„
desgl. intermittierend für den Stand und Stunde	40	„
Bäder: Ein Wannenbad	200—350	„
„ Sitzbad	30	„
„ Douchebad	20—30	„
Gärten-, Hof-, Straßen- und Trottoir-Sprengung pro qm	1,5—2	„
Pferde tränken und reinigen pro Stück und Tag	50	„
Großvieh „ „ „ „ „ „ „	50	„
Kleinvieh „ „ „ „ „ „ „	10	„
Wagenreinigen (Personentransport) einmal	200	„

Bedarf öffentlicher Anstalten.

Schulen pro Schüler und Schultag	2	„
Kasernen „ Mann mit Verpflegung und Tag	20	„
„ Pferd „ „	40	„
Kranken und Versorgungshäuser pro Person und Tag	100—150	„
Gasthöfe „ „ „ „	100	„
Badeanstalten mit Wannen- und Douchebädern für ein abgegebenes Bad	500	„
Waschanstalten für 100 kg Wäsche	400	„
Schlachthäuser pro Stück geschlachtetes Vieh pro Tag	300—400	„
Bahnhöfe, Speisewasser für Lokomotiven pro Stück und Tag	6000—8000	„

Verbrauch für kommunale Zwecke.

Öffentliche Pissoirs: kontinuierliche Spülung pro laufender Meter Spülrohr und Stunde	200	Ltr.
Öffentliche Pissoirs: kontinuierlicher Spüler pro Stunde	60	„
Brauereien: für einen hl gebrautes Bier ohne Eisbereitung	500	„
Tuchfabriken: zur Verarbeitung von einem kg Wolle in Tuch	1000	„
Dampfmaschinen:		
Hochdruckmaschinen per Pferdekraft und Stunde	30	„
Kondensationsmaschinen per „ „ „	750	„

Digitized by Google

Gas-, Benzin-, Spiritusmotoren: Durchflußkühlung per Pferdekraft und Stunde	30—40 Ltr.
Zuckerfabriken zur Diffussion von 100 kg Rüben	300 „
bei der Rübenverarbeitung in 24 Stunden:	
Wasserbedarf für die minimale Diffussion	500 „
„ „ Waschen und Spülen	500 „
„ „ Kondensation	2000 „

Tabelle II.

Leistungen der Reinsch-Patent-Stahl-Windmotoren bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten.

Nr.	Größe des Motors Raddurchmesser m	Umdrehungen des Rades per Minute bei 4—5 skm Wind	Leistungen in PS an der Hauptachse des Flügelrades gemessen, bei skm Wind			
			4	5	6	7—7,5
1	4,—	28	0,25	0,5	1	1,5
2	4,5	25	0,33	0,75	1,25	2
3	5,—	22	0,5	1	1,5	2,75
4	5,5	20	0,65	1,25	2	3,5
5	6,—	18	0,75	1,5	2,25	4,5
6	6,5	17	0,85	1,75	2,5	5,5
7	7,—	16	1	2	3	6
8	7,5	15	1,15	2,25	3,5	7
9	8,—	14	1,25	2,5	4,5	8
10	8,5	13,5	1,5	3	5,25	8,5
11	9,—	13	1,75	3,5	6,5	10
12	9,5	12,5	2	4	7	11
13	10,—	12	2,25	4,5	7,5	12
14	10,5	11,5	2,5	5	8	14
15	11,—	11	2,75	5,5	9	15
16	11,5	10,5	3	6	9,5	16
17	12,—	10	3,25	6,5	10	18
18	12,5	9,5	4	7,5	12	20

Die in obiger Tabelle angeführten Leistungen sind an der Flügelradachse festgestellt.

Bei Transmissionen und den verschiedenen Kraftübertragungen, von der vertikalen Welle des Motors bis zu den Kraftabgabestellen, entstehen Kraftverluste, die bei Projektierungen von Windmotorenanlagen zu berücksichtigen sind.

Diese Kraft- bezw. Arbeitsverluste betragen 15 bis 30 % der wirklichen Leistungen der Windmotoren, je nach Länge und Ausführung der Transmission.

Soll der Motor möglichst regelmäßig arbeiten, so muß er die erforderliche Leistung bereits bei 4 bis 5 skm Wind, also der gewöhnlichen Windstärke, entwickeln.

Nur bei besonders exponierter Lage und sehr guten Windverhältnissen kann die Kraft, welche die Windmotoren bei 5 bis 6 skm Wind entwickeln, als Durchschnittsleistung angenommen werden.

Digitized by Google

Mahlmühlen.

Die größte Ausnutzung der Windkraft erfolgt zweifellos noch jetzt durch die Windmühlen, welche in fast allen Ländern und Gegenden anzutreffen sind.

In vielen Gegenden sind die Windmühlen den Landbewohnern unentbehrlich, da Dampf- oder Wassermühlen oft nur in größeren Entfernungen zu erreichen sind. Die Windmühlen in ihrer jetzigen Gestalt werden deshalb auch noch recht lange an einzelnen Plätzen bestehen bleiben und werden dann erst einmal der modernen Technik weichen müssen, wenn es gelingt, der Erde oder der Luft Energien zu entnehmen, die für Kraftausnutzung ebenso kostenlos zu haben sind, wie der Wind.

Die Leistung der Windmühlen ist verhältnismäßig klein und schwankt zwischen 5 und 10 Pferdekräften, je nach der Windstärke. Die Anordung der Maschinen in den meist sehr beengten Räumen der Mühlen ist gewöhnlich so getroffen, daß das Getreide zuerst den Spitzgang passiert und von dort in die Reinigungsmaschine gelangt, von wo es durch ein Abzugrohr in ungebundene Säcke aufgenommen und mit dem Fahrstahl in die I. Etage gehoben wird. Hier wird es so oft auf den Mahlgang aufgeschüttet, als es die Gattung des Getreides, Roggen oder Weizen oder auch die Qualität des Mehles notwendig macht. Derartige Mühleneinrichtungen werden auch vorteilhaft mit modernen Windmotoren betrieben, Fig. 43 u. 44. Bei diesen Anlagen können die Maschinen in einem besonderen Gebäude übersichtlich aufgestellt werden, und der Windmotor wird auf passender Höhe montiert. Die Kraftzuleitung erfolgt dann durch Transmissionen oder Drahtseiltriebe. Soll ein derartiger Betrieb regelmäßig erfolgen, so wird der Windmotor mit irgend einer zweiten Kraftquelle in Verbindung gebracht, und zwar in der Weise, daß letztere nur dann in Tätigkeit zu treten hat, wenn der Windmotor wegen Windmangel still steht.

Auf diese Weise lassen sich auch kleinere Wässerkräfte, die wenig konstant sind, für einen regelmäßigen Betrieb ausnutzen, indem das zufließende Wasser in der Zeit angestaut wird, in welcher der Windmotor arbeitet. Durch Einschalten von Kraftkupplungen zwischen den beiden Kraftquellen, kann in wind- und wasserreicher Zeit eine gleichmäßige Kraftausnutzung mit erhöhter Leistung erfolgen.

Für die Landwirtschaft genügt es meist, wenn das Getreide hauptsächlich geschrotet wird und nur ein kleiner Teil des Mahlgutes backfähiges Mehl ergibt. Für derartige Zwecke gibt es Schrot- und Mahlmühlen in den verschiedensten Ausführungen mit Walzen, Scheiben oder Mahlplatten. Für den Betrieb mittels Windmotoren eignen sich Schrotmühlen mit geriffelten Walzen, die zum weiteren Vermahlen des Schrotes Mahlplatten besitzen. Durch Rüttelsiebe wird den Walzen stets nur soviel Getreide zugeführt, als sie bei dem herrschenden Winde bzw. nach der Leistung des Windmotors verarbeiten können. Dadurch ist es auch möglich, mit einem erweiterten Trichter der Mühle soviel Getreide vorzulegen, daß sie selbst in der Nacht ohne Aufsicht und bei jedem Winde arbeiten kann. Der verhältnismäßig geringe Kraftbedarf derartiger Mühlen ermöglicht auch schon die Ausnutzung kleinerer, billigerer Windmotoren. In nachstehender Tabelle sind die Leistungen einiger Schrotmühlen, mit dem entsprechenden Kraftbedarf, angeführt:

Nr.	Annähernde Leistung per Stunde kg Feinschrot	kg Grobschrot	Erforderliche Pferdekraft
I	150	450	1
II	200	600	2
III	300	900	2,5
IV	450	1300	3,5

Werden die Mühlen mit Mehlsortierzylinder eingerichtet, so ist der Kraftbedarf um etwa 20% größer.

Digitized by Google

Reinsch Patent-Windmotoren

sind die besten der Welt

und dienen zur kostenlosen **Wasserversorgung** von Villen, Wohnhäusern, Gärtnereien, Gütern, Fabriken, Ziegeleien, Steinbrüchen, ganzen Gemeinden usw., ferner für

Be- und Entwässerungen,

wie auch zum

Betriebe aller landwirtschaftlichen und kleingewerblichen Maschinen, sowie zur Erzeugung elektr. Lichts.

An Leistungsfähigkeit, Dauerhaftigkeit, Sturmsicherheit und solider Ausführung von **keinem** in- oder ausländischen anderen Fabrikat erreicht.

Ausführung kompletter betriebsfertiger Anlagen

unter weitgehendsten Garantien.

Koulante und grundsolide Bedienung.
Anschläge und Zeichnungen, eventl. Besuch und örtliche Besprechung.
Gegen 5000 Anlagen ausgeführt. — Feinste Referenzen.
54 höchste Auszeichnungen. — 3 Staatsmedaillen.

Ausführliche **Kataloge** sendet auf Verlangen

Carl Reinsch, Hoflieferant,
Dresden-N. 17.

Älteste und größte Windmotorenfabrik des Kontinents.

Gegründet 1859.

Digitized by Google

Digitized by Google